

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/KR04/002730

International filing date: 27 October 2004 (27.10.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: KR
Number: 10-2003-0097867
Filing date: 26 December 2003 (26.12.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 11 November 2004 (11.11.2004)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



**This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.**

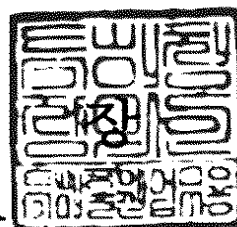
출 원 번 호 : 특허출원 2003년 제 0097867 호
Application Number 10-2003-0097867

출 원 년 월 일 : 2003년 12월 26일
Date of Application DEC 26, 2003

출 원 인 : 삼성전자주식회사 외 5명
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD., et al.

2004 년 11 월 15 일

특 허 청
COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0002
【제출일자】	2003.12.26
【발명의 명칭】	직교 주파수 분할 다중화 방식의 무선 통신 시스템에서의 프레임 프리앰블 구성 방법 및 그 프리앰블을 이용한 프레임 동기 획득 및 셀 검색 방법
【발명의 영문명칭】	METHOD FOR EMBODYING FRAME PREAMBLE IN WIRELESS COMMUNICATION BASED ON OFDM, AND METHOD FOR ACQUIRING FRAME SYNCHRONIZATION AND SEARCHING CELLS USING THE PREAMBLE
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【명칭】	유미특허법인
【대리인코드】	9-2001-100003-6
【지정된변리사】	이원일
【포괄위임등록번호】	2001-038431-4
【발명자】	
【성명의 국문표기】	임형수
【성명의 영문표기】	LIM, HYOUNG SOO
【주민등록번호】	691020-1674016
【우편번호】	302-750
【주소】	대전광역시 서구 월평2동 무지개아파트 102동 206호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	예충일
【성명의 영문표기】	YEH, CH00NG IL
【주민등록번호】	640226-1117212
【우편번호】	302-243
【주소】	대전광역시 서구 관저동 신선마을아파트 209동 202호
【국적】	KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 이 유 로
【성명의 영문표기】 LEE, YU RO
【주민등록번호】 711015-1519912
【우편번호】 305-761
【주소】 대전광역시 유성구 전민동 엑스포아파트 410동 807호
【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 권 동 승
【성명의 영문표기】 KWON, DONG SEUNG
【주민등록번호】 620403-1057615
【우편번호】 305-761
【주소】 대전광역시 유성구 전민동 엑스포아파트 204동 1304호
【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 황 승 구
【성명의 영문표기】 HWANG, SEUNG KU
【주민등록번호】 570409-1001311
【우편번호】 135-969
【주소】 서울 강남구 대치2동 은마아파트 18동 701호
【국적】 KR

【심사청구】

청 구

【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인
유미특허법인 (인)

【수수료】

【기본출원료】	20 면	29,000 원
【가산출원료】	32 면	32,000 원
【우선권주장료】	0 건	0 원
【심사청구료】	23 항	845,000 원
【합계】	906,000 원	
【감면사유】	정부출연연구기관	
【감면 후 수수료】	453,000 원	

【기술이전】

【기술이전】

【기술양도】

【실시권 허여】

【기술지도】

【첨부서류】

희망

희망

희망

1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】

【요약】

본 발명은 직교 주파수 분할 다중화 방식의 무선 통신 시스템에서의 프레임 프리앰블 구성 방법 및 그 프리앰블을 이용한 프레임 동기 획득 및 셀 검색 방법에 관한 것이다. 이 프레임 프리앰블은 프레임의 처음에 배치되며, 하나의 OFDM 심볼 구간보다 짧은 패턴을 정수 회 반복하여 형성되는 반복 패턴과 CP(Cyclic Prefix)로 이루어진다. 이 프리앰블은 반복 패턴의 길이가 하나의 OFDM 심볼 구간의 정수배로 제한되지 않는 것을 특징으로 한다. 이러한 프리앰블을 이용한 프레임 동기 획득은 수신신호와 기준 패턴들과의 교차 상관을 관찰하여 그 절대값이 일정 임계치를 초과하는 순간을 검출함으로써 수행될 수도 있으며, 수신신호에 포함된 반복패턴들을 이용하여 수신신호의 자기 상관을 관찰하여 그 절대값이 최대가 되는 순간을 검출함으로써 수행될 수도 있다. 또한 한편, 전자의 경우에는 프레임 동기 획득과 동시에 셀 검색이 완료되며, 후자의 경우에는 프레임 동기가 획득된 후부터 수신신호와 기준 패턴들과의 교차 상관을 관찰하여 그 절대값이 일정 임계치를 초과하는 기준 패턴을 검출함으로써 수행된다. 본 발명에 따르면, 프레임 구조 설계시의 제약을 줄이면서 시간 및 주파수 자원을 효율적으로 활용하는 데 적용될 수 있다.

【대표도】

도 1

【색인어】

OFDM, OFDMA, 프리앰블, 초기 동기, 셀 검색, 핸드오프, 채널 추정

【명세서】

【발명의 명칭】

직교 주파수 분할 다중화 방식의 무선 통신 시스템에서의 프레임 프리앰블 구성 방법 및 그 프리앰블을 이용한 프레임 동기 획득 및 셀 검색 방법 {METHOD FOR EMBODYING FRAME PREAMBLE IN WIRELESS COMMUNICATION BASED ON OFDM, AND METHOD FOR ACQUIRING FRAME SYNCHRONIZATION AND SEARCHING CELLS USING THE PREAMBLE}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 직교주파수 분할 다중화 방식의 무선 통신 시스템의 프레임 프리앰블의 시간 차원 형태를 예시하는 도면으로, (a)는 프리앰블의 총 길이가 하나의 OFDM 심볼 구간을 초과하는 예이고, (b)는 프리앰블의 총 길이가 하나의 OFDM 심볼 구간보다 짧은 예를 나타낸다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 교차 상관 기반 프레임의 동기 획득 알고리즘의 블록도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 수신신호와 기준 패턴에 경판정(hard-limiting)을 적용한 교차 상관 기반 프레임의 동기 획득 알고리즘의 블록도이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 프리앰블과 해당 기준 패턴 간의 교차 상관의 절대값을 나타내는 도면이다.

도 5는 도 4의 첫 번째 반복 패턴 타이밍에 해당하는 부분을 확대한 도면이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 수신신호와 기준 패턴에 대해 모두 경판정을 적용한 경우의 교차 상관의 절대값을 나타내는 도면이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 다중 셀 환경에서의 시간 차원 프레임의 동기 획득 및 셀 검색 성능의 시뮬레이션 결과를 예시하는 도면이다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 다중 셀 환경에서 수신신호와 기준 패턴을 모두 경판정한 경우의 시간 차원 프레임의 동기 획득 및 셀 검색 성능의 시뮬레이션 결과를 예시하는 도면이다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 시간 차원의 초기 동기 획득 및 셀 검색 알고리즘의 동작 흐름도이다.

도 10은 본 발명의 실시예에 따른 수신 프리앰블에 해당하는 기준 패턴과 수신 프리앰블 신호간의 교차 상관의 절대값을 나타내는 도면이다.

도 11은 본 발명의 실시예에 따른 수신 프리앰블에 해당하지 않는 기준 패턴과 수신 프리앰블 신호간의 교차 상관의 절대값을 나타내는 도면이다.

도 12는 본 발명의 실시예에 따른 고정 경로 이득을 가지는 다중경로 채널 환경에 대한 교차 상관 기반 프레임의 동기 및 셀 검색 알고리즘의 성능을 예시하는 도면이다.

도 13은 본 발명의 실시예에 따른 자기 상관 기반 초기 동기 획득 알고리즘 성능의 시뮬레이션 결과를 예시하는 도면이다.

도 14는 본 발명의 실시예에 따른 샘플 구간의 정수배가 아닌 타이밍 오차에 대한 자기 상관 기반 초기 동기 획득 알고리즘 성능의 시뮬레이션 결과를 예시하는 도면이다.

도 15는 본 발명의 실시예에 따른 복잡도가 낮은 이동 합산기(sliding summer) 구조를 예시하는 도면이다.

도 16은 본 발명의 실시예에 따른 수신신호에 대해 경판정을 적용한 주파수 차원 초기 동기 획득 및 셀 검색 알고리즘 성능의 시뮬레이션 결과를 예시하는 도면이다.

도 17은 본 발명의 실시예에 따른 고정 경로 이득을 가지는 다중경로 채널 환경에 대한 자기 상관 기반 프레임 동기 및 셀 검색 알고리즘 성능의 시뮬레이션 결과를 예시하는 도면이다.

도 18은 본 발명의 실시예에 따른 인접 셀들 간에 서로 다른 부반송파 위치를 가지는 경우의 시간 차원에서의 프리앰블 구조를 예시하는 도면으로, (a)는 프리앰블의 총 길이가 한 OFDM 심볼 구간을 초과하는 예를 나타낸 것이고, (b)는 프리앰블의 총 길이가 한 OFDM 심볼 구간보다 짧은 예를 보인 것이다.

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<19> 본 발명은 직교 주파수 분할 다중화 방식의 무선 통신 시스템에서의 프레임 프리앰블 구조에 관한 것으로, 보다 구체적으로, OFDM(Orthogonal Frequency Division

Multiplexing) 신호 방식을 사용하는 무선 통신 시스템에 있어서, 길이가 OFDM 심볼 구간의 정수배와 다를 수 있는 프리앰블 구성 방법 및 그 프리앰블을 이용한 프레임 동기 획득 및 셀 검색 방법에 관한 것이다.

<20> 종래 기술로서, 대한민국 특허출원번호 제2001-50104호 (2001. 8. 20 출원)에는 "대칭형 (symmetric-identical: SI) 프리앰블 생성 방법 및 대칭형 프리앰블을 적용한 OFDM 신호의 심볼/주파수 동기 방법"이 개시되어 있으며, 시간적으로 대칭 형태를 가지는 프리앰블을 사용함으로써 자기 상관 특성을 이용한 심볼 타이밍 동기가 가능하며, 대칭 배치된 대칭 샘플 쌍의 위상차를 전체 프리앰블에 대해 평균을 취함으로써 반송파 주파수 오프셋 추정이 가능하다는 특징을 갖는다.

<21> 그러나, 프리앰블이 서로 대칭적인 구조를 갖는 경우 반복 패턴의 경계점에서의 불연속성으로 인해 전체 프리앰블 신호가 주어진 스펙트럼 마스크를 만족하기 어려우므로 발생 가능한 패턴 수에 제약이 따른다는 문제점이 있다.

<22> 한편, 대한민국 특허출원번호 제2001-29456호 (2001. 5. 28 출원)에는 "직교주파수 분할 다중화 신호의 자동 이득 조정 장치 및 그 장치를 이용한 자동 이득 조정 방법"이 개시되어 있으며, 반복 형태를 가지는 프리앰블을 이용한 신호 검출과 자동 이득 조정에 대한 것으로서, 고속 패킷 전송을 위한 OFDM 시스템에서 패킷의 앞부분에 전송되는 반복 프리앰블 특성을 이용하여 유효 신호의 존재 유무를 검출하고 신호 전력을 측정하여 신호 이득을 조정함에 있어서, 신호 이득 조정에 소요되는 시간을 최소화하며 디지털 방식으로 안정적인 이득을 유지하게 되는 것을 특징으로 한다.

<23> 한편, 시분할 다중화 (TDD) 방식과 OFDM 신호 방식을 사용하는 국제 규격 중의 하나인 IEEE 802.16a 규격 중에서, 예를 들어, OFDMA TDD 모드 규격은 하향 링크 프

레이의 끝과 상향 링크 프레임의 첫 부분 사이에 TTG (Transmit-to-receive Transition Gap)를 가지며, 상향 링크 프레임의 끝과 하향 링크 프레임의 첫 부분 사이에는 RTG (Receive-to-transmit Transition Gap)를 갖는다. 또한, OFDM 심볼 구간의 길이를 T_s 라고 할 때, IEEE 802.16a에서 하향 링크 프레임의 길이는 $3 \times n \times T_s$ (n : 양의 정수), 상향 링크 프레임의 길이는 $3 \times n \times T_s + 1$ (n : 양의 정수)로 제한되므로, 프레임 구조 설계에 있어서 많은 제약이 따른다.

<24> 이러한 프레임 구현의 용이성과 데이터 통신에서의 지연 시간 문제 등을 고려하여 프레임의 길이가 설계될 때 상기 제약에 따라 길이가 결정된 상향 및 하향 링크 프레임을 제외한 나머지 구간의 길이는 상기 TTG와 RTG의 원래 목적을 위한 적정 길이를 크게 초과할 수 있다. 이러한 초과분은 시스템 자원 낭비로 이어져 결과적으로 전반적인 시스템 효율을 크게 떨어뜨린다.

<25> 한편, IEEE 802.16e에서는 자원 할당의 시간 영역 단위가 하나의 OFDM 심볼 구간이므로 프레임 길이에 대한 설계상의 제약이 IEEE 802.16a에 비해서 심각하지 않지만, 하나의 OFDM 심볼 길이가 IEEE 802.16a에서와 같이 매우 크기 때문에 설계상의 제약이나 자원 낭비의 소지는 여전히 남아 있다.

<26> 일단 이러한 설계상의 제약에 맞춰서 프레임을 설계했다 하더라도 중계기를 사용하는 경우 등의 시스템 파라미터를 변경하고자 할 경우, 재설계가 용이하지 않다는 문제점이 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<27> 상기 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은 OFDM 신호 방식을 사용하는 통신 시스템에서 효율적인 프리앰블 구조를 제공하기 위한 것이다. 즉, IEEE 802.16a 또는 IEEE 802.16e의 OFDMA TDD 모드를 예로 들면, 한 프레임 내에서 상향 링크 프레임과 하향 링크 프레임, 그리고 TTG와 RTG를 위한 적정 구간을 제외한 나머지 구간을 프리앰블로 활용하는 방안을 제공하기 위한 것이다.

<28> 본 발명의 다른 목적은, 시간 영역에서 동일 패턴이 반복되는 형태의 프리앰블을 사용하되, 그 반복 회수는 프레임 구조에 따라 결정되도록 함으로써, 프레임 구조 설계의 자유도를 높이고 시간 및 주파수 자원의 낭비를 최소화하기 위한 프리앰블 구성 방법을 제공하기 위한 것이다.

<29> 본 발명의 또 다른 목적은 프레임 구조 설계시의 제약을 줄이면서 시간 및 주파수 자원을 효율적으로 활용하고, 경관정을 이용하여 복잡도 감소 및 정규화 회피가 가능한 교차 상관 및 자기 상관 기반의 프레임 동기 획득 및 셀 검색 방법을 제공하기 위한 것이다.

【발명의 구성 및 작용】

<30> 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 하나의 특징에 따른 프레임 프리앰블 구성 방법은,

<31> 직교주파수 분할 다중화(OFDM) 신호 방식을 사용하는 무선 통신 시스템의 프레임 프리앰블 구성 방법으로서,

- <32> a) 프레임의 앞부분에 배치하는 단계; 및 b) 하나의 OFDM 심볼 구간보다 짧은 패턴을 정수 회 반복하여 형성되는 반복 패턴을 배치하는 단계를 포함하며, 상기 반복 패턴의 길이가 상기 하나의 OFDM 심볼 구간의 정수배로 제한되지 않는 것을 특징으로 한다.
- <33> 본 발명의 다른 특징에 따른 프레임 프리앰블 구성 방법은,
- <34> 직교주파수 분할 다중화 (OFDM) 신호 방식을 사용하는 무선 통신 시스템의 프레임 프리앰블 구성 방법으로서,
- <35> a) 프레임의 앞부분에 배치하는 단계; 및 b) 하나의 OFDM 심볼 구간보다 짧은 패턴을, 시간 차원에서는 일정한 위상 회전을 가지고 주파수 차원에서는 일정한 간격으로 배치된 파일럿 부반송파들의 부반송파 오프셋이 인접한 셀들에 대해 서로 다르도록, 정수 회 반복하여 형성되는 반복 패턴을 배치하는 단계를 포함하고, 상기 반복 패턴의 길이는 상기 하나의 OFDM 심볼 구간의 정수배로 제한되지 않는 것을 특징으로 한다.
- <36> 본 발명의 또 다른 특징에 따른 교차 상관 기반의 프레임 동기 획득 및 셀 검색 방법은,
- <37> 직교주파수 분할 다중화 (OFDM) 심볼 구간의 정수배로 제한되지 않는 프리앰블을 사용하여 프레임 동기를 획득하고 셀을 검색하는 방법으로서,
- <38> a) 수신신호와 기준 패턴들과의 교차 상관을 관찰하여 그 절대값이 일정 임계치를 초과하는 순간을 검출하여 프레임 동기를 획득하는 단계; 및 b) 상기 프레임 동기가 획득된 후, 수신 프리앰블 신호와 기준 패턴들과의 교차 상관을 관찰하여 그 절대

값이 일정 임계치를 초과하는 기준 패턴을 검출하여 셀 검색을 수행하는 단계를 포함한다.

<39> 여기서, 상기 a) 단계 및 b) 단계는, i) 상기 수신신호의 전력 레벨을 측정하는 단계; ii) 상기 측정된 수신 전력 레벨을 사용하여 상기 교차 상관의 계산 결과를 정규화하는 단계; 및 iii) 상기 정규화된 교차 상관의 계산 결과를 상기 임계치에 적용하는 단계를 포함한다.

<40> 또한, 상기 b) 단계 후에, 상기 a) 단계에서 획득된 프레임 동기를 기준으로 일정 구간동안 나타나는 상기 프리앰블을 구성하는 반복 패턴간의 평균 위상차를 계산하여 반송파 주파수를 추정하는 단계를 더 포함한다.

<41> 본 발명의 또 다른 특징에 따른 자기 상관 기반의 프레임 동기 획득 및 셀 검색 방법은,

<42> 직교주파수 분할 다중화 (OFDM) 심볼 구간의 정수배로 제한되지 않는 프리앰블을 사용하여 프레임 동기를 획득하고 셀을 검색하는 방법으로서,

<43> a) 수신신호에 대해 상기 프리앰블을 구성하는 기본 패턴의 길이에 해당하는 시간 간격을 가지는 자기 상관을 관찰하는 단계; b) 상기 수신신호의 전력 레벨을 사용하여 상기 관찰된 자기 상관을 정규화하는 단계; c) 상기 정규화된 결과의 절대값이 일정 임계치를 초과하는 순간 또는 최대값에 이르는 순간을 검출하여 프레임 동기를 획득하는 단계; 및 d) 상기 프레임 동기가 획득된 후, 수신 프리앰블 신호에 대해 FFT를 취한 결과를 주파수 차원의 기준 패턴들과 교차 상관을 관찰하여 셀 검색을 수행하는 단계를 포함한다.

<44> 또한, 상기 c) 단계와 d) 단계 사이에, 상기 획득된 프레임 동기를 기준으로 상기 프리앰블을 구성하는 반복 패턴간의 평균 위상차를 계산하여 반송파 주파수 오프셋을 추정하는 단계를 더 포함한다.

<45> 이하, 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 방식의 무선 통신 시스템에서의 프레임 프리앰블 구조 및 그 운용 방법을 상세히 설명한다.

<46> 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 방식의 무선 통신 시스템에서의 프레임 프리앰블의 시간 차원 형태를 예시하는 도면으로, (a)는 프리앰블의 총 길이가 하나의 OFDM 심볼 구간을 초과하는 예이고, (b)는 프리앰블의 총 길이가 하나의 OFDM 심볼 구간보다 짧은 예를 나타낸다.

<47> 도 1의 (a) 및 (b)를 참조하면, p는 프리앰블 (11)을 구성하는 반복 패턴을 가리키며, 한 OFDM 심볼 구간 중 CP를 제외한 유효 OFDM 심볼 구간의 길이를 T_b 라 할 때, 그 길이는 T_b/N 으로 주어진다. 이와 같이 동일 패턴이 반복되는 구조는 아래 [수학식 1]과 같은 주파수 차원의 프리앰블 파일럿 심볼을 OFDM 변조함으로써 쉽게 구현될 수 있다.

<48>

$$C_k = \begin{cases} P_{k/N} & k = \pm N, \pm N_2, \dots, \pm N_{FFT} \\ 0 & k = 0 \\ 0 & otherwise \end{cases}$$

【수학식 1】

<49> 여기서 P_n 은 주파수 차원의 프리앰블 패턴을 가리키며, N_{FFT} 는 널 (null) 부반송파를 포함한 전체 부반송파의 수를 나타낸다.

<50> 이처럼 송신기의 IFFT 입력 벡터를 구성함에 있어서 N 개의 부반송파 간격으로 0이 아닌 부반송파 심볼을 변조함으로써 유효 OFDM 심볼의 $1/N$ 의 길이를 가지는 일정 패턴이 반복되는 형태의 신호를 발생시킬 수 있다.

<51> 본 발명의 실시예에서는 프리앰블의 길이가 반복 패턴의 길이의 정수배 외에 CP (13)의 길이를 추가한 값으로 주어지며, 또한 시간 차원에서의 프리앰블의 길이가 한 OFDM 심볼 구간보다 짧거나 길 수 있는데, 이는 송신기의 OFDM 변조기의 IFFT 출력 벡터에 대해 순환 반복(cyclic repetition) 또는 중단(truncation)으로 쉽게 구현될 수 있다. 여기서 CP (13)의 길이는 프리앰블 이후에 전송되는 데이터 OFDM 심볼의 CP와 일치해야 하는 것은 아니므로, 동기 획득 및 셀 검색 성능이 요구 사항들을 만족시키는 한 실질적으로 프리앰블의 길이에 대한 제약은 없다고 하겠다. 여기서, 프리앰블이 반복 패턴과 CP (13)로 구성된다고 하였으나, 본 발명의 기술적 범위는 여기에 한정되지 않고, 프리앰블이 반복 패턴으로만 이루어질 수도 있다. 즉, CP (13)의 길이가 0이 될 수도 있다.

<52> 또한, 셀룰러 구조에서 모든 셀이 동일한 주파수 대역을 사용하는 경우에는 서로 다른 셀마다 이 부반송파 심볼열을 다르게 변조함으로써 단말기에 수신되는 신호가 어느 셀에 속하는 것인지를 검출하는 데 사용될 수 있도록 할 수 있다.

<53> 이러한 프리앰블은 프레임 동기 획득, 반송파 주파수 획득, 채널 추정, 셀 검색 등에 사용될 수 있다. 이 중에서 반송파 주파수 획득과 채널 추정은 널리 알려진 방법들을 이용하여 수행될 수 있으므로 본 발명에서는 기술하지 않기로 하고, 프레임 동기 획득과 셀 검색에 국한하여 기술하기로 한다.

<54> 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 교차 상관 기반 프레임의 동기 획득 알고리즘의 블록도이다. 이 방식은 프레임 동기 획득과 셀 검색을 시간 차원에서 수행하는 방법에 해당한다.

<55> 총 M개의 프리앰블 패턴이 있을 수 있다면 M개의 기준 패턴에 대해 수신신호와 교차 상관 (cross-correlation)의 절대값을 관찰한다.

<56> 총 M개의 교차 상관기 (211, 212, 213) 출력 중 어느 하나라도 그 절대값 또는 절대값의 제곱 (221, 222, 223)이 일정 임계치 (230)를 초과하는 순간이 바로 프리앰블의 N회 반복되는 패턴 중 첫 번째 패턴이 수신 완료된 순간에 해당한다. 이러한 교차 상관을 이용한 알고리즘에서는 또한, 총 M개의 교차 상관기 출력값을 관찰하여, 그 절대값 또는 절대값의 제곱의 합으로 주어지는, 비동기 결합 (noncoherent combining) 결과값이 임계치를 초과한 교차 상관기에 해당하는 기준 패턴으로부터 셀을 구분함으로써 배경 잡음의 영향을 줄일 수 있다. 이때, 수신신호의 전력 레벨이나 채널 상황에 따라 최적의 임계치는 크게 달라지는데, 이는 교차 상관을 수신신호의 전력으로 정규화 (normalization)함으로써 해결 가능하다.

<57> 한편, 교차 상관을 이용하는 방식에서는 인접 셀의 프리앰블 패턴 각각에 대한 교차 상관기가 존재해야 하므로, 특히 셀 배치를 자유롭게 하기 위하여 구분 가능한 프리앰블 패턴의 개수를 크게 할 경우 복잡도가 매우 높는데, 많은 경우에 이러한 교차 상관 특성은 기준 패턴들과 수신신호를 양자화 (quantization)하거나 경판정 (hard-limiting)하여도 어느 정도 유지되며, 이러한 양자화 또는 경판정을 사용하여 도 3과 같이 구현할 경우 성능은 다소 열화되나 구현 복잡도를 크게 낮출 수 있다.

특히, 수신 신호를 경판정할 경우에는 상기 정규화 과정이 불필요하므로 구현 복잡도는 더욱 낮아진다.

<58> 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 수신신호와 기준 패턴에 경판정(hard-limiting)을 적용한 교차 상관 기반 프레임의 동기 획득 알고리즘의 블록도로서, 여기서 도면부호 340은 양자화 또는 경판정 수단일 수 있다.

<59> 한편, 반송파 주파수 오프셋이 있는 경우에는 반복되는 패턴의 길이가 너무 길어서 반송파 오프셋에 의한 한 패턴 구간 내에서의 위상 회전이 90도를 초과할 경우 3dB 이상의 성능 열화가 나타나므로, 한 패턴의 길이는 최대 반송파 오프셋을 기준으로 계산된 최대 패턴 길이보다 짧게 설계해야 한다.

<60> 이상과 같은 교차 상관 기반 프레임 동기 획득 알고리즘을 사용할 경우 프레임 동기 획득을 포함한 초기 동기 절차는 다음과 같이 구성될 수 있다.

<61> (1) 프레임 타이밍 획득: 모든 가능한 시간 영역 프리앰블 패턴들에 대하여 수신신호와 교차 상관을 계속적으로 취하여 상관기 출력값 중 하나 이상이 큰 값을 가지는 순간을 찾음으로써 프리앰블 타이밍을 검출한다.

<62> (2) 셀 검색: 프레임 타이밍 획득과 동시에, 출력값의 절대값이 임계치를 초과하는 상관기들에 해당하는 프리앰블 패턴이 수신되며, 그 상관기 출력의 절대값이 최대가 되는 프리앰블 패턴을 검출함으로써 최적 셀을 찾은 것으로 판정할 수 있다. 즉, 프레임 타이밍 획득과 동시에 셀 검색까지 수행 가능하다.

<63> (3) 반송파 주파수 획득: 획득된 프리앰블 타이밍을 기준으로 일정 구간 동안 나타나는 반복 패턴 간의 평균 위상차를 계산함으로써 반송파 주파수를 추정할 수 있다.

<64> 한편, 핸드오프시에는 초기 동기 획득 단계와 비교할 때 인접 셀 신호들 간의 프레임 타이밍 오차가 크지 않으므로 프레임 타이밍 획득을 위한 타이밍 윈도우와 셀 구분을 위한 후보 PN 부호집합이 한정적으로 주어지며, 인접 셀 신호들 간의 반송파 주파수 오차 역시 충분히 작으므로 별도의 반송파 주파수 획득 과정은 생략될 수 있다.

<65> 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 프리앰블과 해당 기준 패턴 간의 교차 상관의 절대값을 나타내는 도면이다.

<66> 도 4의 예에서는 동일 패턴이 6회 반복되는 구조의 프리앰블을 가정하였으며, 각 반복 패턴의 길이는 유효 OFDM 심볼 구간의 1/8이며, FFT 크기, 즉, 널 부반송파를 포함한 전체 부반송파의 개수는 2048개로 가정하였다. 수신신호는 프리앰블에 이어 랜덤 데이터가 변조된 OFDM 신호가 수신된다고 가정하였고, 잡음과 왜곡이 없는 채널을 가정하였으며, OFDM 샘플 주파수는 11.42MHz, 초기 반송파 주파수 오프셋은 11.63kHz로 가정하였다.

<67> 도 4를 참조하면, 프리앰블이 수신되는 구간 외에는 잡음과 같은 상관값이 나타나는 반면, 짧은 프리앰블 구간 동안에는 수신되는 프리앰블 패턴의 반복 타이밍에 해당하는 순간에는 매우 큰 상관값이 나타나고 그 외의 순간에는 매우 작은 상관값이 나타남을 알 수 있다.

<68> 도 4에 도시된 결과 중 첫 번째 반복 패턴이 수신되는 순간을 확대하여 나타낸 도면이 도 5이다. 도 5를 참조하면, 교차 상관을 이용한 프레임 동기 획득 알고리즘의 타이밍 해상도는 한 샘플 구간임을 알 수 있으며, 이는 나머지 다섯 개의 반복 패턴 수신 순간들에 대해서도 마찬가지로 관찰된다.

<69> 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 수신신호와 기준 패턴에 대해 모두 경관정을 적용한 경우의 교차 상관의 절대값을 나타내는 도면이다.

<70> 도 6을 참조하면, 경관정을 적용하지 않은 경우에 비해 프리앰블의 반복 패턴 타이밍 외의 구간 동안 교차 상관의 절대값이 다소 분산이 증가하는 것으로 관찰되며, 타이밍 해상도는 여전히 하나의 샘플 구간임을 알 수 있다.

<71> 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 다중 셀 환경에서의 시간 차원 프레임의 동기 획득 및 셀 검색 성능의 시뮬레이션 결과를 예시하는 도면이다.

<72> 도 7을 참조하면, 인접한 세 개의 셀로부터의 프리앰블 신호들이 동시에 수신되며, 목표 셀로부터의 신호는 "Selection Procedures for the choice of radio transmission technologies of the UMTS," UMTS 30.03 v3.0.0, ETSI, May 1997에 기술된 Pedestrian-B 채널 모델을 따르는 페이딩 채널을 거쳐서 수신된다고 가정하였고, 목표 셀을 제외한 나머지 두 셀로부터의 신호는 LOS(Line Of Sight) 채널을 거쳐 수신된다고 가정하였다.

<73> 도 7에서 실선은 각 다중경로 신호들에 대한 평균 동기 획득 시간을 가리키며, 점선은 각 다중경로 신호들에 대한 동기 획득 시간의 표준 편차를 가리킨다. 이 결

과로부터 가장 채널 이득이 큰 채널 경로 신호의 경우 프레임 동기 획득에 평균 두 프레임 내외가 소요됨을 알 수 있다.

<74> 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 다중 셀 환경에서 수신신호와 기준 패턴을 모두 경관정한 경우의 시간 차원 프레임의 동기 획득 및 셀 검색 성능의 시뮬레이션 결과를 예시하는 도면이다.

<75> 도 8은 교차 상관 기반 프레임 동기 획득 알고리즘의 구현 복잡도를 고려하여 수신신호와 기준 패턴을 모두 경관정하는 경우의 프레임 동기 획득 시간의 평균 및 표준 편차를 시뮬레이션한 결과를 보인 것이다. 이 결과로부터 경관정을 적용할 경우 구현 복잡도는 크게 향상되는 반면, 성능 열화가 크지 않음을 알 수 있다.

<76> 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 시간 차원의 초기 동기 획득 및 셀 검색 알고리즘의 동작 흐름도로, 본 발명의 실시예에 따른 프리앰블을 이용할 경우, 상기한 바와 같은 교차 상관 기반 프레임 동기 획득을 포함한 초기 동기 획득을 수행하는 과정을 도시한 동작 흐름의 일례이다.

<77> 도9를 참조하면, 먼저, 수신신호인 RX 샘플을 경관정하고 (S91), 이후, RX 샘플 및 경관정된 기준 패턴을 교차 상관시키며 (S92), 이후, 이러한 교차 상관을 비동기 결합시킨다 (S93).

<78> 다음, RX 신호 전력으로 교차 상관을 정규화하고 (S94), 임의의 교차 상관의 절대값이 임계치보다 큰 지의 여부를 판단하여 (S95), 만일 그렇지 않으면 다음 샘플 구간으로 진행하고 (S96), 만약 임계치보다 크다면 RX 샘플의 쉼을 합산하거나 또

는 연속적인 교차 상관 사이의 곱을 구한 후 (S97) , 반송파 주파수 오프셋을 추정하게 된다 (S98) .

<79> 그러나 시간 차원 프레임 동기 획득 및 셀 검색 알고리즘은 다음과 같은 문제점들을 가지고 있다.

<80> 우선, 수신신호와 기준 패턴에 대하여 경판정을 적용하지 않을 경우에는 수신신호에 대하여 많은 수의 기준 패턴과 교차 상관을 취해야 하므로 구현 복잡도가 매우 높다.

<81> 두 번째로, 특히 핸드오프의 경우에는 수 프레임 안에 셀 검색을 마쳐야 하므로 현재의 프레임 타이밍을 중심으로 일정 범위의 타이밍 윈도우 내에서 매 샘플마다 모든 후보 기준 패턴들에 대해 교차 상관을 수행해야 하므로 전력 소모가 높다.

<82> 세 번째로, 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 수신 프리앰블에 해당하는 기준 패턴과 수신 프리앰블 신호간의 교차 상관의 절대값을 나타내는 도면이고, 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 수신 프리앰블에 해당하지 않는 부정확한 기준 패턴과 수신 프리앰블 신호간의 교차 상관의 절대값을 나타내는 도면으로, 도 10과 도 11에 도시된 바와 같이, 수신되는 프리앰블과 다른 기준 패턴들에 대한 교차 상관의 최대값은 정확한 기준 패턴에 대한 교차 상관값의 약 20%에 달한다. 따라서 만약 세 개의 인접한 셀로부터 동일한 전력의 서로 다른 프리앰블 신호가 임의의 위상과 타이밍을 가지고 수신되는 경우, 목표 셀로부터의 프리앰블을 제외한 나머지 두 프리앰블 신호의 합은 목표 셀의 기준 패턴과의 상관값의 최대 40%에 이른다. 만약, Pedestrian-B 채널 모델과 같은 채널 환경을 가정하면 최대 이득을 가지는 경로 신호는 전체 신호 전력의 약 40%의 전력으로 수신되므로 인접한 세 개의 셀로부터 비슷한 전력의 하향

링크 신호를 수신하는 단말기의 경우, 목표 셀로부터의 신호가 Pedestrian-B 채널을 거쳐 수신되고 다른 두 셀로부터의 신호가 LOS 채널을 거쳐 수신된다면 프레임 동기 획득 및 셀 구분 성능이 크게 저하될 것이다. 실제로, 도 7에서는 Pedestrian-B 채널에 대한 평균 프레임 동기 획득 시간은 두 프레임 이내로 관찰되었지만 이것은 시간에 따라 변화하는 채널 이득에 대해 평균적으로 관찰되는 성능이며, 채널 이득이 시간에 따라 변화하지 않는 경우, 즉 Pedestrian-B 채널 모델에서 주어진 각 다중경로의 평균 이득으로 고정된 채널 환경에 대해 시뮬레이션을 수행해 보면 첨부한 도 12와 같은 결과를 얻는다.

<83> 이러한 성능 저하는 교차 상관 기반 프레임 동기 획득 알고리즘이 각 다중경로 신호를 따로 검출하기 때문에 발생하므로 이를 피하기 위해서는 모든(또는 일부의) 다중경로 신호에 대한 교차 상관 결과를 결합하는 방안이 필요하다. 그러나 각각의 다중경로 신호에 대한 검출 자체가 보장되지 않으므로 결합 자체가 불가능한 한계를 가진다.

<84> 네 번째로, 상기한 바와 같이 다중경로 신호들에 대한 결합이 수행되지 않는다면 다중경로 채널 상황으로 인한 셀 검색 성능이 크게 열화될 수 있다. 예를 들어 인접한 세 개의 셀 A, B, C가 존재하고 그 중 셀 A로부터의 신호가 세 개의 다중경로 채널로 각각 $1/3$ 의 전력 레벨로 수신되고 나머지 셀 B와 C로부터의 신호는 LOS 채널로 각각 $1/2$ 의 전력 레벨로 수신된다고 하면, 이상적으로는 총 수신 전력이 높은 셀 A를 최적의 셀로 판정해야 하겠지만, 상기한 바와 같이 다중경로 신호들을 결합하지 않는다면 셀 A로부터의 세 다중경로 신호 각각의 수신 전력 레벨보다 높은 전력 레벨

로 수신되는 셀 B 또는 C의 프리앰블 신호를 최적 셀의 프리앰블 신호로 판정하게 된다.

<85> 마지막으로, 교차 상관 기반 프레임 동기 획득 알고리즘은 샘플 구간의 정수배가 아닌 타이밍 오차에 대해 성능 열화가 나타난다. 교차 상관 기반 프레임 동기 획득 알고리즘은 한 샘플의 해상도로써 수신 프리앰블 신호의 타이밍을 검출하므로, 한 샘플 이하의 샘플링 타이밍 오차가 발생할 경우 교차 상관의 최대 절대값은 감소하며, 이것은 프레임 동기 획득 및 셀 검색 성능의 열화로 연결된다. 이러한 샘플링 타이밍 오차에 의한 성능 열화를 1dB 이내로 제한하기 위해서는 최소 2배의 초과 샘플링 (over-sampling)이 필요하며, 이것은 구현 복잡도를 그만큼 증가시킨다.

<86> 이상과 같은 여러 가지 문제점들을 해결하기 위한 방안의 하나로서 본 발명의 실시예에서는 교차 상관 대신 자기 상관 (auto-correlation)을 기반으로 하는 알고리즘을 제공한다.

<87> 자기 상관 기반 프레임 동기 획득 알고리즘은 프리앰블이 시간 차원에서 길이가 T_b/N 인 특정 패턴이 K회 반복되는 형태임을 이용하여, 수신신호에 대해 T_b/N 의 시간 간격을 가지는 자기 상관을 관찰한다. 채널 상태와 수신신호의 전력 레벨 등의 영향을 줄이기 위하여 수신신호 전력으로 자기 상관을 정규화한 후 그 절대값이 일정 임계치를 초과하는 순간을 검출하거나 자기 상관의 절대값이 최대가 되는 순간을 검출함으로써 프레임 동기 획득을 수행한다. 이 같은 자기 상관을 이용한 프레임 동기 획득 알고리즘에서는 반송파 주파수 오프셋은 영향을 주지 않으므로 반복되는 패턴의 길이에 대한 제한도 없으며, 또한 경판정 없이 교차 상관을 이용하는 방식에 비하여

구현 복잡도도 매우 낮다. 그러나 자기 상관의 특성상 교차 상관을 이용하는 방식에 비하여 프레임 동기 획득 결과의 타이밍 오차가 클 수 있다.

<88> 전술한 도 1a 및 도 1b와 같은 형태의 프리앰블을 이용한 셀 검색 역시 시간 차원과 주파수 차원에서 수행 가능하다. 이 중에서 시간 차원에서 수행하는 방법은 상기 교차 상관 기반 프레임 동기 획득에서 앞에서 기술되었다. 주파수 차원 셀 검색은 프리앰블 생성 과정에서 N개의 부반송파 간격으로 배치되는 부반송파 심볼열을 각 셀마다 달리하여 변조함으로써 각 셀마다 다른 프리앰블을 생성하고, 단말기에서는 프리앰블을 OFDM 복조한 후 모든 기준 심볼열과 주파수 차원에서 교차 상관을 취하여 그 절대값이 최대가 되는 경우를 검출함으로써 최적 셀을 검색하는 방식이다.

<89> 상기 프리앰블의 길이가 한 OFDM 심볼 구간보다 짧은 경우에는 프리앰블 또는 그 일부만을 단말기 수신부의 FFT 입력 벡터로 입력하고, FFT 입력 벡터의 나머지는 모두 0으로 채운 뒤 FFT를 취함으로써 전송된 부반송파 심볼열을 복원할 수 있다. 이때, 전자의 길이는 반복 패턴 길이의 정수배가 되어야 OFDM 복조 후의 프리앰블 패턴이 적절히 복원될 수 있다.

<90> 한편, 상기 프리앰블의 길이가 하나의 OFDM 심볼 구간보다 긴 경우에는 한 OFDM 심볼 구간의 정수배 구간 동안은 일반적인 OFDM 복조 과정을 수행하고, 한 OFDM 심볼 구간보다 짧은 나머지 구간에 대해서만 전술한 프리앰블의 길이가 한 OFDM 심볼 구간보다 짧은 경우의 복원 과정을 수행한 후 두결과를 결합함으로써 수행된다.

<91> 상기 주파수 차원 셀 검색을 채택할 경우의 초기 동기 획득 절차는 다음과 같다.

<92> (1) 프레임 타이밍 획득: 일정한 패턴이 반복해서 나타나는 프리앰블 형태를 이용하여 수신신호에 대한 자기 상관을 관찰하여 그 절대값이 크게 나타나는 시점을 검색함으로써 프리앰블의 대략적인 타이밍을 검출한다.

<93> (2) 반송파 주파수 획득: 상기 교차 상관 기반 알고리즘에서와 마찬가지로, 프리앰블의 타이밍을 대략적으로 검출한 후 프리앰블 구간 동안 나타나는 반복 패턴 간의 평균 위상차를 계산함으로써 반송파 주파수를 추정할 수 있다.

<94> (3) 셀 검색: 초기 반송파 주파수 오차를 추정, 보상한 프리앰블 신호를 OFDM 복조하여 주파수 영역에서 모든 가능한 프리앰블 패턴들과 교차 상관을 취하여 그 절대값이 크게 나타나는 패턴을 찾음으로써 수신 프리앰블 패턴들을 검출할 수 있다. 단, 프레임 타이밍 획득 오차도 존재하며 또한 이러한 셀 구분 작업이 채널 추정 이전에 수행되므로 프리앰블 패턴 검출은 주파수 영역에서 차등 복조 방식을 사용한다. 즉, 프리앰블의 주파수 차원 패턴에서 가장 인접한 0이 아닌 심볼로 변조된 부반송파 간에는 채널 특성이 유사하므로 주파수 차원에서 프리앰블 신호를 차등 복조함으로써 채널 이득을 보상한 후, 주파수 영역 기준 패턴들을 차등 복조한 패턴들과의 교차 상관을 관찰한다.

<95> 상기 교차 상관 기반 초기 동기 획득 알고리즘과 마찬가지로, 자기 상관 기반 초기 동기 획득 알고리즘에서도 핸드오프시에는 인접 셀 신호들 간에 프레임 타이밍 오차와 반송파 주파수 오차가 크지 않으므로 한정된 수의 프리앰블 패턴들에 대한 셀 검색 과정만이 수행된다.

<96> 도 13은 본 발명의 실시예에 따른 자기 상관 기반 초기 동기 획득 알고리즘 성능의 시뮬레이션 결과를 예시하는 도면으로, 본 발명의 실시예에 따른 가장 간단한

예의 하나로써 자기 상관 기반 프레임 동기 획득에 임계치를 적용하는 경우를 가정하였으며, 시간에 따라 변화하는 페이딩 채널을 고려하여 자기 상관 구간에 해당하는 수신신호에 대해 계산된 평균 전력으로 정규화하여 임계치와 비교하였다.

<97>

도 13에서는 프리앰블이 여덟 번 반복되는 패턴으로 구성되었다는 것 이외에는 상기 교차 상관 기반 프레임 동기 획득과 동일한 시뮬레이션 조건을 가정하였다. 프리앰블을 구성하는 패턴의 반복 회수는 8회보다 짧거나 길 수 있으며, 본 발명의 실시예에서는 8회로 가정하였으나 그 중에서 실제로 초기 동기의 각 단계에 사용한 반복 패턴의 길이는 유효 OFDM 심볼 구간의 1/2 내지 3/4만을 사용하였다. 따라서 그 결과 예는 정확한 수치를 제공하기 보다는 만족할 만한 성능을 얻을 수 있는지 여부를 보이고 기본적인 동작 특징을 보이기 위한 것이라 하겠다. 본 발명의 실시예에서 도 13 및 그 이후에 제시되는 시뮬레이션 결과들은 다음과 같은 네 개의 도면들로 구성되어 있다.

<98>

(1) 각 결과의 좌측 상단의 도면은 자기 상관 기반 프레임 동기 획득에서 자기 상관의 절대값을 매 프레임 단위로 관찰하여 각 샘플 타이밍 오프셋에 대한 최대 및 최소값을 표시한 것이다. 즉, 각 프레임에 대한 자기 상관의 절대값을 겹쳐서 그리면 이 두 곡선 사이에 분포함을 의미한다. 이 그림에 대한 범례에 표시한 숫자는 프레임 동기 획득의 에러 발생률을 의미한다.

<99>

(2) 각 결과의 우측 상단의 도면은 프레임 동기 획득 후 반송파 주파수 오차 검출 결과를 검출 오차의 평균과 표준 편차와 함께 보인 것이다.

<100>

(3) 각 결과의 하단의 두 도면은 프레임 동기 획득과 반송파 주파수 획득 및 보상 후의 셀 검색 결과를 보인 것이다. 그 중에서 좌측의 도면은 세 개의 인접 셀로

부터 수신되는 프리앰블 신호들에 해당하는 프리앰블 패턴들과의 주파수 차원에서의 교차 상관의 절대값의 분포와 수신된 프리앰블 신호에 해당하지 않는 나머지 프리앰블 패턴들에 대한 교차 상관의 절대값의 분포를 함께 보인 것이다. 도면의 아래쪽에 위치한 완만한 분포는 전자, 그림의 왼쪽에 위치한 경사가 급격한 분포는 후자에 속한다. 이 도면의 범례에는 또한, 수신된 프리앰블 신호에 해당하지 않는 프리앰블 패턴들에 대한 교차 상관의 절대값들 중 최대값이 수신된 프리앰블 신호에 해당하는 프리앰블 패턴들에 대한 교차 상관의 절대값들보다 더 커져서 셀 검색 오차가 발생하는 확률을 함께 표시하였다.

<101>

(4) 각 결과의 우측 하단의 도면은 각 셀로부터의 신호에 대해 매 프레임마다 프리앰블 구간의 전체 채널 이득을 보이고, 셀 구분에 의해 검출된 교차 상관의 최대 절대값을 가지는 셀 신호를 표시한 것이다. 여기서 전체 채널 이득이란 다중경로 채널 환경에서 모든 다중경로 신호의 전력 이득을 합산한 이상적인 전체 채널 이득을 의미한다. 이 그림에서는 또한, 매 프레임마다 주파수 차원 셀 검색 알고리즘의 최적 셀 판정 결과를 범례에 함께 보였다. 즉, 매 순간마다 실제로 전체 채널 이득이 최대가 되는 프리앰블 신호로부터 가장 낮은 전체 채널 이득을 가지는 프리앰블 신호의 순으로 주파수 차원 셀 검색 알고리즘에 의해 최적의 셀로 판정을 내려질 확률을 보인 것이며, 마지막의 숫자는 수신 프리앰블 신호에 해당하지 않는 셀 프리앰블이 수신된 것으로 오판할 확률을 보인 것이다.

<102>

도 13에 도시된 결과를 살펴보면, 우선 좌측 상단 도면에서 좌측에 나타나는 펄스 형태의 파형으로부터 프리앰블 구간 동안 자기 상관 특성이 크게 관찰됨을 알 수

있으며, 자기 상관 기반 프레임 동기 획득은 성공적으로 수행될 수 있음을 알 수 있다.

<103> 도 13의 우측 상단 도면을 참조하면, 프리앰블을 이용한 반송파 주파수 오프셋 추정 및 보상 결과로 부반송파간 주파수 간격의 1% 가량의 표준 편차를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 그러나 이 결과는 하나의 프리앰블만을 이용하여 반송파 주파수 오프셋을 추정, 보상한 결과이므로, 여러 프레임에 걸쳐 추정, 보상 과정을 반복하여 점차적으로 오프셋을 줄여 가는 페루프 구조를 사용할 경우 더욱 정밀한 반송파 주파수 복원 성능을 얻을 수 있다.

<104> 도 13의 하단의 두 도면으로부터는 셀 검색 성능이 만족스러우며, 매 순간 최적의 셀을 성공적으로 검출할 확률은 약 87.3%이며, 제2, 제3의 최적 셀을 최적 셀로 검출할 확률은 각각 11.7%, 1%로 관찰됨을 알 수 있다. 그러나 제1 내지 제3의 최적 셀 신호가 겪는 채널 이득이 순간적으로 유사한 값을 가지는 경우들이 발생함을 고려하여 제1 및 제2의 최적 셀을 최적 셀로 검출하는 확률을 합산하면 약 99%에 달하므로 매우 신뢰성 높은 성능을 보인다고 할 수 있다. 도 13에 도시된 예에서는 수신 프리앰블에 해당하지 않는 셀로 오판할 확률은 매우 낮아서 시뮬레이션 수행 범위 내에서는 관찰되지 않았다.

<105> 도 14는 본 발명의 실시예에 따른 샘플 구간의 정수배가 아닌 타이밍 오차에 대한 자기 상관 기반 초기 동기 획득 알고리즘 성능의 시뮬레이션 결과를 예시하는 도면이다. 즉, 도 14는 상기한 바와 같이 교차 상관 기반 프레임 동기 획득 알고리즘이 샘플 구간의 정수배가 아닌 타이밍 오차에 대해 성능 열화를 보이는 문제점이 자기 상관 기반 프레임 동기 획득 알고리즘에서는 나타나지 않음을 보인 것이다. 자기

상관 기반 알고리즘은 교차 상관 기반 알고리즘과는 달리 수신신호의 반복성을 이용하므로 자기 상관 구간이 프리앰블 구간에 포함되기만 하면 성능에 미치는 영향이 거의 없다.

<106> 한편, 프레임 동기 획득을 위한 수신신호에 대한 자기 상관의 계산에서는 반복 패턴의 길이만큼 지연된 수신신호와 현재의 수신신호 간의 곱셈 복소수 곱셈에 대해 이동 합산(sliding sum)을 수행해야 한다. 이를 위해 필요한 구성 요소는 복소 곱셈기와 이동 합산기 각각 하나씩, 그리고 반복 패턴의 길이와 동일한 길이의 쉬프트 레지스터(shift register)가 있다. 교차 상관 기반 알고리즘에 비하여 구성 요소의 개수는 매우 적지만 프리앰블의 시작 시점을 검출해야 하는 구조로 인하여 매 샘플마다 새로운 자기 상관값이 계산되어야 하므로 이동 합산기가 필요하다. 이동 합산기는 구현의 복잡도를 고려하여 도 15에 도시된 바와 같이 시프트 레지스터(110), 합산기(120) 및 누적기(130)로 구현될 수 있다. 도 15는 본 발명의 실시예에 따른 복잡도가 낮은 이동 합산기(sliding summer) 구조를 예시하는 도면이다.

<107> 그러나 이러한 구조에서처럼 누적기(accumulator) (130)가 사용될 경우에는 오차 전파(error propagation) 문제가 발생할 소지가 있다.

<108> 한편, 교차 상관 기반 알고리즘에서와 마찬가지로 자기 상관 기반 알고리즘에서도 수신신호에 대해 경판정을 사용함으로써 구현 복잡도를 크게 낮출 수 있다. 이 경우 자기 상관에 대한 수신 전력에 의한 정규화 과정이 필요 없을 뿐만 아니라, 이동 합산기가 단순히 쉬프트 레지스터와 1 비트 FA(full adder), 그리고 업/다운 카운터(up/down-counter)로 구현될 수 있으며, 오차 전파 문제도 발생하지 않는다.

<109> 도 16은 본 발명의 실시예에 따른 수신신호에 대해 경판정을 적용한 주파수 차원 초기 동기 획득 및 셀 검색 알고리즘 성능의 시뮬레이션 결과를 예시하는 도면이다.

<110> 상기 교차 상관 기반 알고리즘에 대해 상기한 문제점들 중 마지막 항목인 경로 이득이 고정된 경우에 대해 프레임 동기 획득 및 셀 구분 성능이 크게 열화되는 문제에 대해 자기 상관 기반 알고리즘이 해결책이 될 수 있음은 첨부한 도 17을 통해 나타내었다. 도 17은 본 발명의 실시예에 따른 고정 경로 이득을 가지는 다중경로 채널 환경에 대한 자기 상관 기반 프레임 동기 및 셀 검색 알고리즘 성능의 시뮬레이션 결과를 예시하는 도면이다. 도 17의 결과에 의하면, 자기 상관 기반 알고리즘은 고정 경로 이득 채널에서도 시변 경로 이득 채널에 대한 성능과 유사한 성능을 보임을 알 수 있다. 도 17 우측 하단의 도면에 보인 각 경로별 검출 확률은 세 개의 서로 다른 프리앰블 신호가 동일한 경로 이득으로 수신되므로 각각 1/3에 가까운 검출 확률로 관찰됨을 보여준다.

<111> 한편, 주파수 선택적 페이딩 채널 환경에서는 차등 복조를 이용하더라도 성능 열화가 발생하며, 이는 다수의 인접 셀로부터의 하향 링크 신호가 겹쳐서 수신되는, 셀 경계에 위치한 단말기의 경우에는 셀 검색 및 구분이 더욱 어려울 수 있다. 이를 해결하기 위한 방법으로 본 발명의 실시예에서는 프리앰블을 구성하는 부반송파들의 위치를 달리하는 셀 그룹을 정의하여 인접 셀들이 서로 다른 셀 그룹에 속하도록 배치하는 방법을 제공한다. 단, 이 경우 시간 차원에서의 프리앰블 형태는 더 이상 동일 패턴의 반복이 아니며, 동일 패턴에 일정한 위상 회전이 가해진 도 18의 (a) 및 (b)와 같은 형태를 가진다. 도 18은 본 발명의 실시예에 따른 인접 셀들 간에 서로

다른 부반송파 위치를 가지는 경우의 시간 차원에서 프리앰블 구조를 예시하는 도면으로, (a)는 프리앰블의 총 길이가 한 OFDM 심볼 구간을 초과하는 예를 나타낸 것이고, (b)는 프리앰블의 총 길이가 한 OFDM 심볼 구간보다 짧은 예를 보인 것이다.

<112> 또한, 각 셀 그룹마다 사용하는 부반송파의 위치만 달리하고 동일한 부반송파 심볼열을 사용하는 경우에는 셀 그룹 간의 부반송파 위치 차이가 초기 반송파 주파수 오프셋의 2배보다 커야 하며, 각 셀 그룹마다 사용하는 부반송파의 위치와 부반송파 심볼열을 모두 달리 하는 경우에는 셀 그룹 간의 부반송파 위치 차이에 대한 제약 조건은 없다. 이처럼 각 셀 그룹마다 사용하는 부반송파의 위치를 달리 하고 적절한 셀 배치를 통하여 동일한 부반송파 위치를 가지는 셀간 간섭이 충분히 작다면 프리앰블 신호간 충돌이 없으므로 채널 추정까지도 프리앰블을 이용하여 수행할 수 있다.

<113> 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명은 이에 한정되는 것은 아니며, 그 외의 다양한 변경이나 변형이 가능하다.

【발명의 효과】

<114> 본 발명에 따르면, 프레임 구조 설계시의 제약을 줄이면서 시간 및 주파수 자원을 효율적으로 활용하는 데 적용될 수 있다.

<115> 또한, 초기 동기 획득 방법을 교차 상관 기반 알고리즘과 자기 상관 기반 알고리즘 두 가지를 제공하였으며, 이 중에서 전자를 사용할 경우에 발생할 수 있는 문제점들과 함께 후자가 그 해결책이 될 수 있음을 보였다. 또한, 각 알고리즘에 대해 경관정을 채택함으로써 구현 복잡도를 크게 낮추고 정규화 과정을 없앨 수 있다.

<116> 또한, 주파수 차원에서의 프리앰블 패턴에 따라 많은 수의 프리앰블 패턴을 자유롭게 생성할 수 있다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

직교주파수 분할 다중화 (OFDM) 신호 방식을 사용하는 무선 통신 시스템의 프레임 프리앰블 구성 방법에 있어서,

- a) 프레임의 앞부분에 배치되는 CP (Cyclic Prefix) 이후에 배치하는 단계; 및
 - b) 하나의 OFDM 심볼 구간보다 짧은 패턴을 정수 회 반복하여 형성되는 반복 패턴을 배치하는 단계
- 를 포함하는 프레임 프리앰블 구성 방법.

【청구항 2】

제1항에 있어서,

상기 반복 패턴 형성 시,

상기 하나의 OFDM 심볼 구간보다 짧은 패턴을, 시간 차원에서는 일정한 위상 회전 을 가지게 하고, 주파수 차원에서는 일정한 간격으로 배치된 파일럿 부반송파들의 부반송파 오프셋이 인접한 셀들에 대해 서로 다르도록 정수 회 반복하여 형성하는 것을 특징으로 하는 프레임 프리앰블 구성 방법.

【청구항 3】

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 CP(cyclic prefix)를 제외한 유효 OFDM 심볼 구간의 길이를 T_b 라고 할 때,
상기 반복 패턴을 형성하는 각 짧은 패턴의 길이는 T_b/N (N : 양의 정수)으로
주어지며,

상기 프리앰블은 상기 T_b/N 의 길이를 갖는 짧은 패턴이 K (K : 양의 정수)회 반복되어 형성되는

것을 특징으로 하는 프레임 프리앰블 구성 방법.

【청구항 4】

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 CP의 길이가 0인 것을 특징으로 하는 프레임 프리앰블 구성 방법.

【청구항 5】

직교주파수 분할 다중화 (OFDM) 심볼 구간의 정수배가 아닌 길이를 갖는 프리앰블을 사용하여 프레임 동기를 획득하고 셀을 검색하는 방법에 있어서,

a) 수신신호와 기준 패턴들과의 교차 상관을 관찰하여 그 절대값이 일정 임계치를 초과하는 순간을 검출하여 프레임 동기를 획득하는 단계; 및

b) 상기 프레임 동기가 획득된 후부터, 수신신호와 기준 패턴들과의 교차 상관을 관찰하여 그 절대값이 일정 임계치를 초과하는 기준 패턴을 검출하여 셀 검색을 수행하는 단계

를 포함하는 교차 상관 기반의 프레임 동기 획득 및 셀 검색 방법.

【청구항 6】

제5항에 있어서,

상기 a) 단계 및 b) 단계에서,

i) 상기 수신신호의 전력 레벨을 측정하는 단계;

ii) 상기 측정된 수신 전력 레벨을 사용하여 상기 교차 상관의 계산 결과를 정규화하는 단계; 및

iii) 상기 정규화된 교차 상관의 계산 결과를 상기 임계치에 적용하는 단계를 포함하는 교차 상관 기반의 프레임 동기 획득 및 셀 검색 방법.

【청구항 7】

제6항에 있어서,

상기 iii) 단계에서 상기 교차 상관의 계산 결과를 상기 임계치에 적용할 때 가중치로 곱하여 적용하는 것을 특징으로 하는 교차 상관 기반의 프레임 동기 획득 및 셀 검색 방법.

【청구항 8】

제5항에 있어서,

상기 수신신호에 대해 경판정 (hard-limiting)을 적용하여 교차 상관을 수행하는 것을 특징으로 하는 교차 상관 기반의 프레임 동기 획득 및 셀 검색 방법.

【청구항 9】

제6항에 있어서,

상기 기준 패턴에 대해 경판정을 적용하여 교차 상관을 수행하는 것을 특징으로 하는 교차 상관 기반의 프레임 동기 획득 및 셀 검색 방법.

【청구항 10】

제5항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 교차 상관에 대한 절대값에 대해 일정 회수의 비동기 결합(noncoherent combining)이 적용되어 임계치와 비교되는 것을 특징으로 하는 교차 상관 기반의 프레임 동기 획득 및 셀 검색 방법.

【청구항 11】

제5항에 있어서,

상기 b) 단계 후에, 상기 a) 단계에서 획득된 프레임 동기를 기준으로 일정 구간동안 나타나는 상기 프리앰블을 구성하는 반복 패턴간의 평균 위상차를 계산하여 반송파 주파수를 추정하는 단계를 더 포함하는 교차 상관 기반의 프레임 동기 획득 및 셀 검색 방법.

【청구항 12】

제11항에 있어서,

상기 반송파 주파수 추정 단계 후에, 상기 추정된 반송파 주파수의 오차를 보상한 프리앰블 신호를 OFDM 복조하여 주파수영역에서의 기본 패턴들과 교차 상관을 취

한 결과의 절대값을 비교하여 최적 셀을 검색하는 단계를 더 포함하는 교차 상관 기반의 프레임 동기 획득 및 셀 검색 방법.

【청구항 13】

제12항에 있어서,

상기 프리앰블이 한 OFDM 심볼 구간보다 짧은 경우,

수신된 프리앰블에 대하여 반복 패턴 길이의 양의 정수배에 해당하는 길이를 가지는 구간을 취하여 OFDM 복조를 위한 FFT의 입력 벡터의 일부로 입력하고, FFT 입력 벡터의 나머지 요소들은 0으로 채운 후 FFT를 수행하는

것을 특징으로 하는 교차 상관 기반의 프레임 동기 획득 및 셀 검색 방법.

【청구항 14】

제12항에 있어서,

상기 프리앰블이 한 OFDM 심볼 구간보다 긴 경우,

수신된 프리앰블에 대하여 한 OFDM 심볼 구간의 정수배 구간을 제외한 상기 한 OFDM 심볼 구간보다 짧은 나머지 구간에 대해, 반복 패턴 길이의 양의 정수배에 해당하는 길이를 가지는 구간을 취하여 OFDM 복조를 위한 FFT의 입력 벡터의 일부로 입력하고, FFT 입력 벡터의 나머지 요소들은 0으로 채운 후 FFT를 수행하는

것을 특징으로 하는 교차 상관 기반의 프레임 동기 획득 및 셀 검색 방법.

【청구항 15】

직교주파수 분할 다중화 (OFDM) 심볼 구간의 정수배가 아닌 길이를 갖는 프리앰블을 사용하여 프레임 동기를 획득하고 셀을 검색하는 방법에 있어서,

a) 수신신호에 대해 상기 프리앰블을 구성하는 기본 패턴의 시간 간격을 가지는 자기 상관을 관찰하는 단계;

b) 상기 수신신호의 전력 레벨을 사용하여 상기 관찰된 자기 상관을 정규화하는 단계;

c) 상기 정규화된 결과의 절대값이 일정 임계치를 초과하는 순간을 검출하여 프레임 동기를 획득하는 단계; 및

d) 상기 프레임 동기가 획득된 후부터, 수신신호에 대해 상기 프리앰블을 구성하는 기본 패턴의 시간 간격을 가지는 자기 상관을 관찰하여 셀 검색을 수행하는 단계

를 포함하는 자기 상관 기반의 프레임 동기 획득 및 셀 검색 방법.

【청구항 16】

제15항에 있어서,

상기 c) 단계에서, 상기 자기 상관의 계산 결과를 상기 임계치에 적용할 때 가중치로 곱하여 적용하는 것을 특징으로 하는 자기 상관 기반의 프레임 동기 획득 및 셀 검색 방법.

【청구항 17】

제15항 또는 제16항에 있어서,

상기 자기 상관에 대한 절대값에 대해 일정 회수의 비동기 결합 (noncoherent combining)이 적용되어 임계치와 비교되는 것을 특징으로 하는 자기 상관 기반의 프레임 동기 획득 및 셀 검색 방법.

【청구항 18】

제15항에 있어서,

상기 c) 단계와 d) 단계 사이에,

상기 획득된 프레임 동기를 기준으로 일정 구간동안 나타나는 상기 프리앰블을 구성하는 반복 패턴간의 평균 위상차를 계산하여 반송파 주파수를 추정하는 단계를 더 포함하는 자기 상관 기반의 프레임 동기 획득 및 셀 검색 방법.

【청구항 19】

제18항에 있어서,

상기 d) 단계 후에, 상기 추정된 반송파 주파수의 오차를 보상한 프리앰블 신호를 OFDM 복조하여 주파수영역에서의 기본 패턴들과 교차 상관을 취한 결과의 절대값을 비교하여 최적 셀을 검색하는 단계를 더 포함하는 자기 상관 기반의 프레임 동기 획득 및 셀 검색 방법.

【청구항 20】

제15항, 제18항 및 제19항 중 어느 한 항에 있어서

상기 수신신호에 대해 경판정을 적용하여 자기 상관을 수행하는 것을 특징으로 하는 자기 상관 기반의 프레임 동기 획득 및 셀 검색 방법.

【청구항 21】

제15항에 있어서

상기 프리앰블이 시간 차원에서는 동일 패턴이 일정한 위상 회전을 가지며 반복되는 형태를 가지고, 주파수 차원에서는 일정한 간격으로 배치된 프리앰블 파일럿 부반송파들의 부반송파 오프셋이 인접한 셀들에 대해 서로 다른 형태를 가지도록 하는 것을 특징으로 하는 자기 상관 기반의 프레임 동기 획득 및 셀 검색 방법.

【청구항 22】

제19항에 있어서,

상기 프리앰블이 한 OFDM 심볼 구간보다 짧은 경우,

수신된 프리앰블에 대하여 반복 패턴 길이의 양의 정수배에 해당하는 길이를 가지는 구간을 취하여 OFDM 복조를 위한 FFT의 입력 벡터의 일부로 입력하고, FFT 입력 벡터의 나머지 요소들은 0으로 채운 후 FFT를 수행하는

것을 특징으로 하는 자기 상관 기반의 프레임 동기 획득 및 셀 검색 방법.

【청구항 23】

제19항에 있어서,

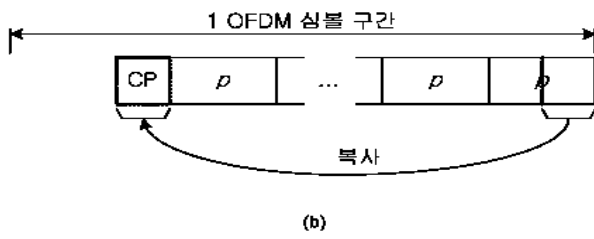
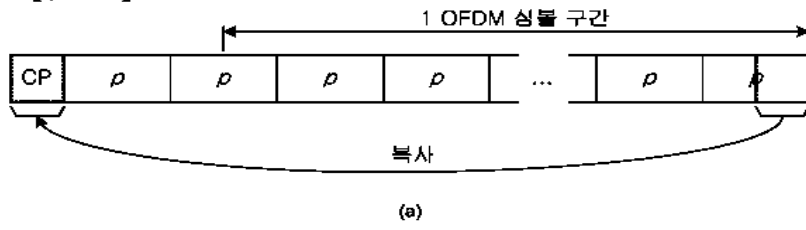
상기 프리앰블이 한 OFDM 심볼 구간보다 긴 경우,

수신된 프리앰블에 대하여 한 OFDM 심볼 구간의 정수배 구간을 제외한 상기 한 OFDM 심볼 구간보다 짧은 나머지 구간에 대해, 반복 패턴 길이의 양의 정수배에 해당하는 길이를 가지는 구간을 취하여 OFDM 복조를 위한 FFT의 입력 벡터의 일부로 입력하고, FFT 입력 벡터의 나머지 요소들은 0으로 채운 후 FFT를 수행하는

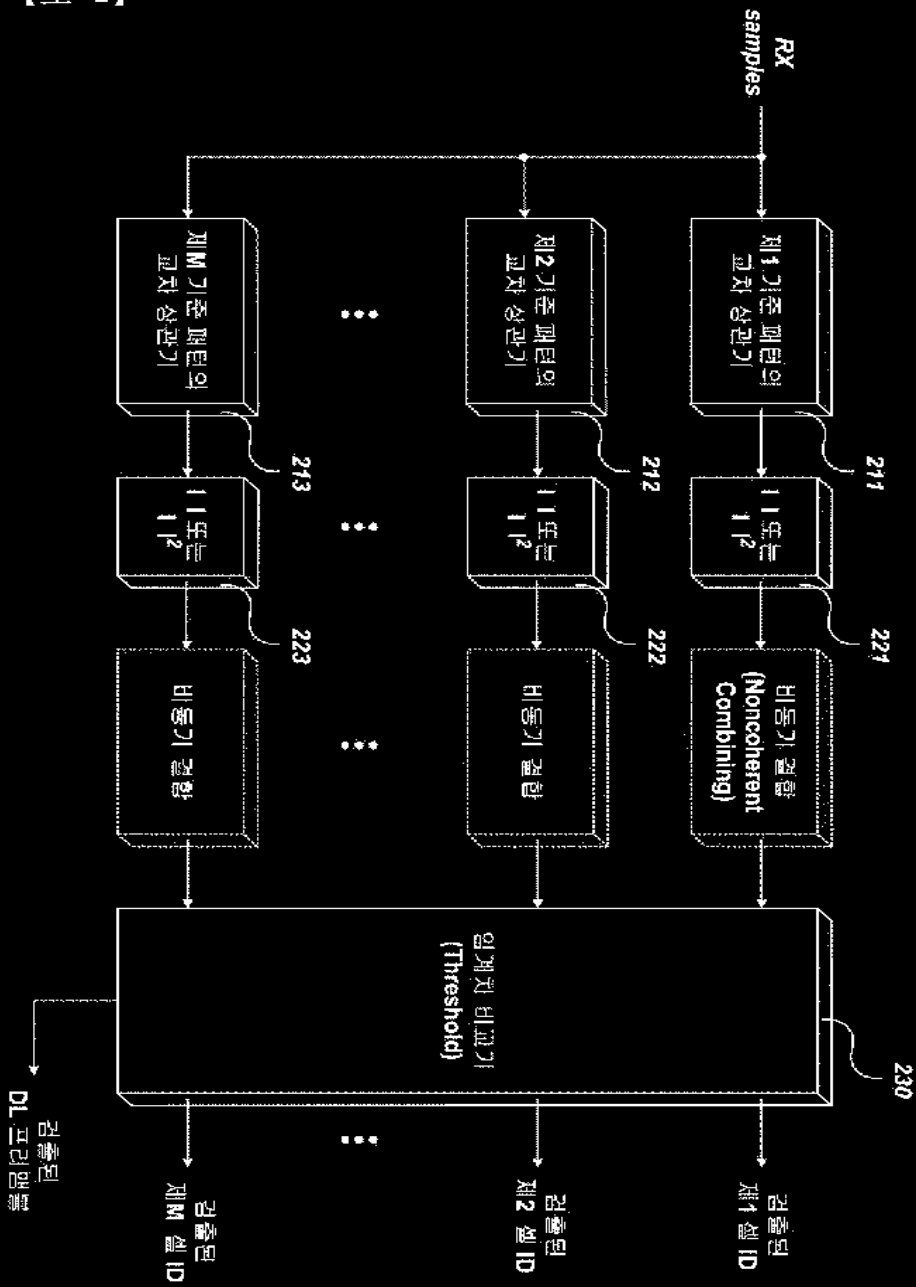
것을 특징으로 하는 자기 상관 기반의 프레임 동기 획득 및 셀 검색 방법.

【도면】

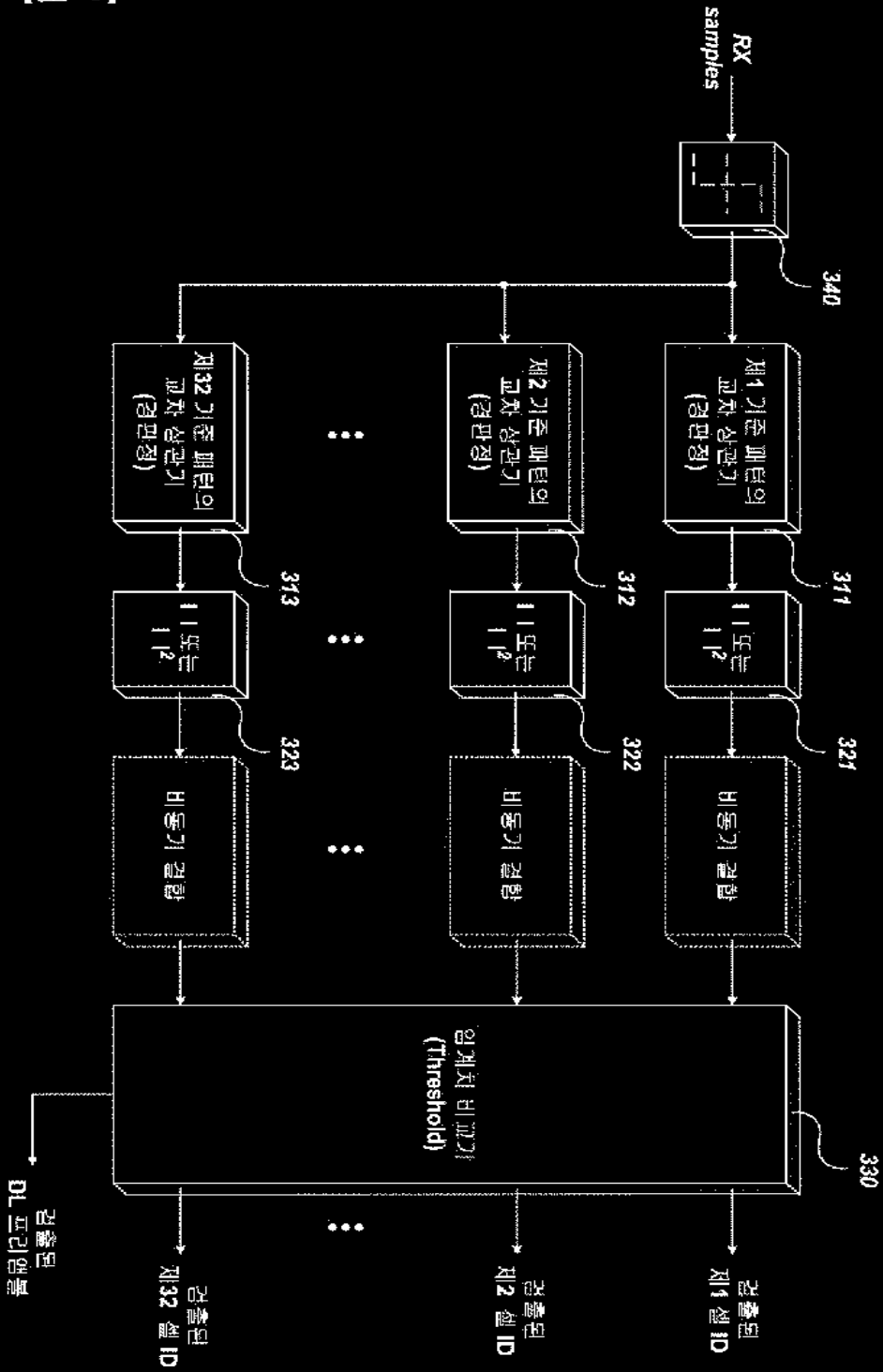
【도 1】



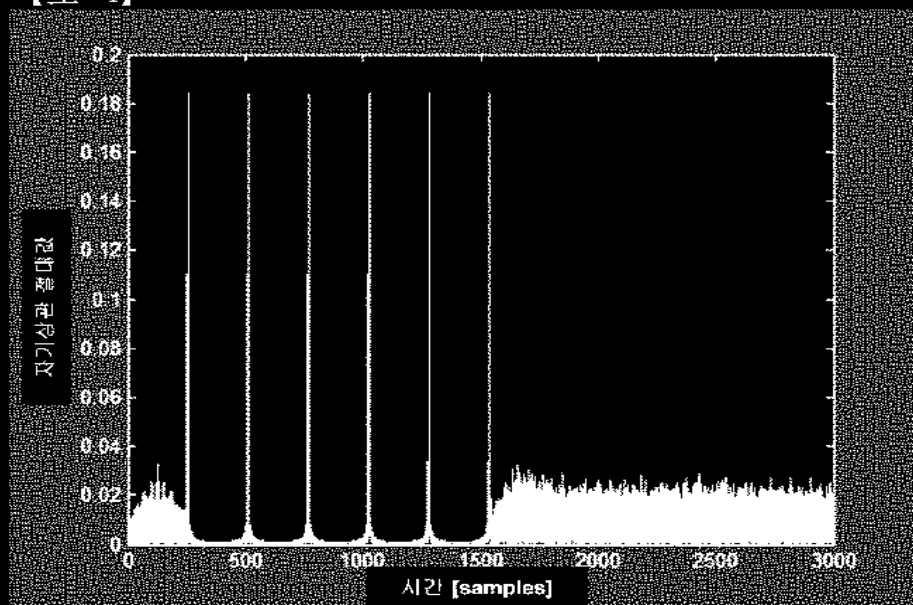
【도 2】



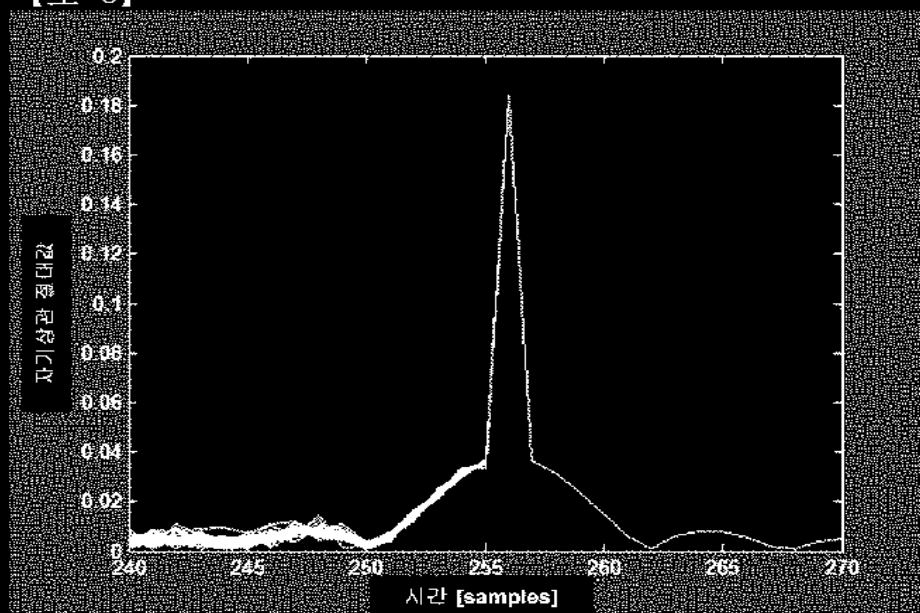
【도 3】



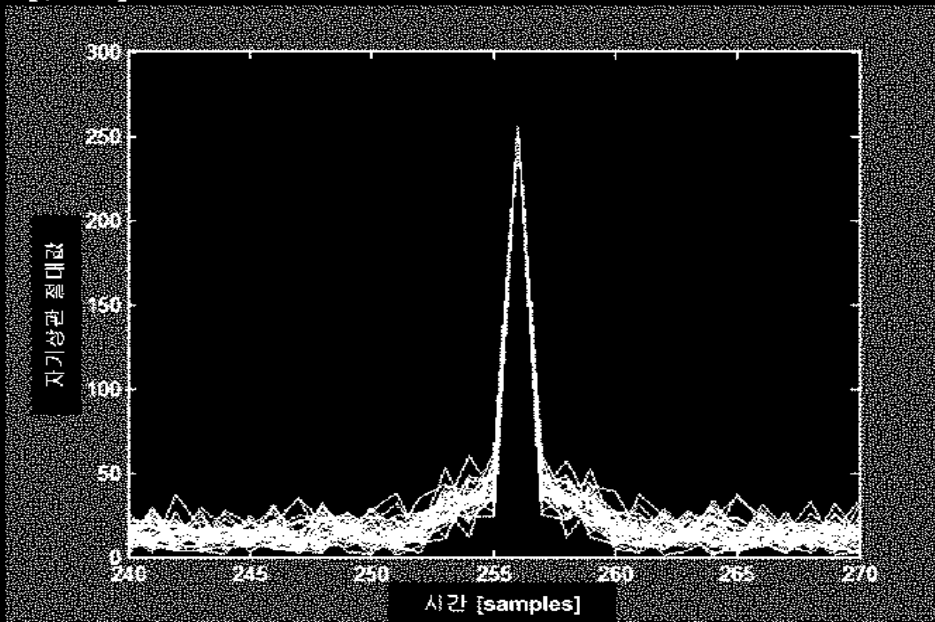
【도 4】



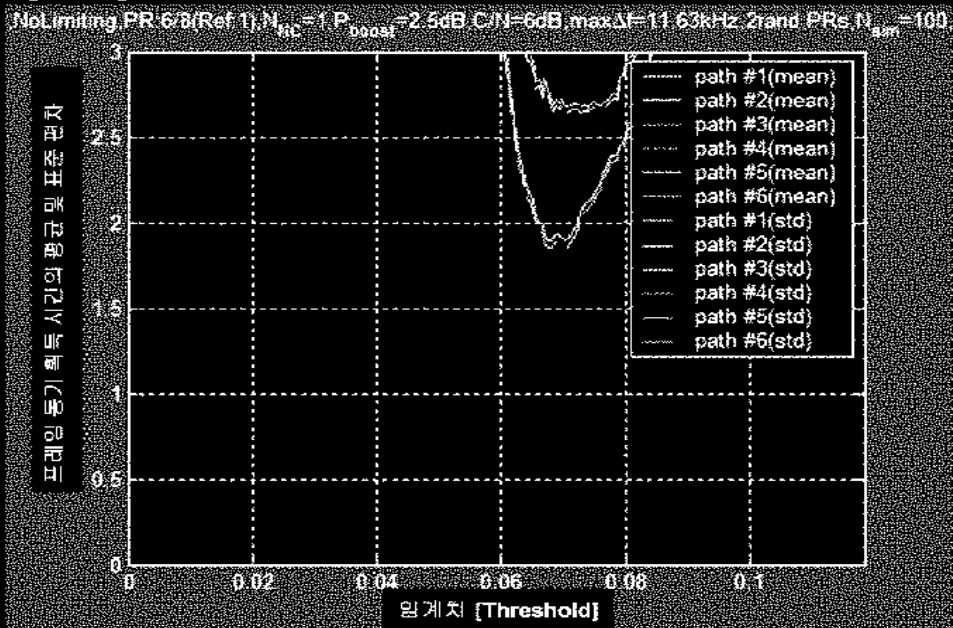
【도 5】



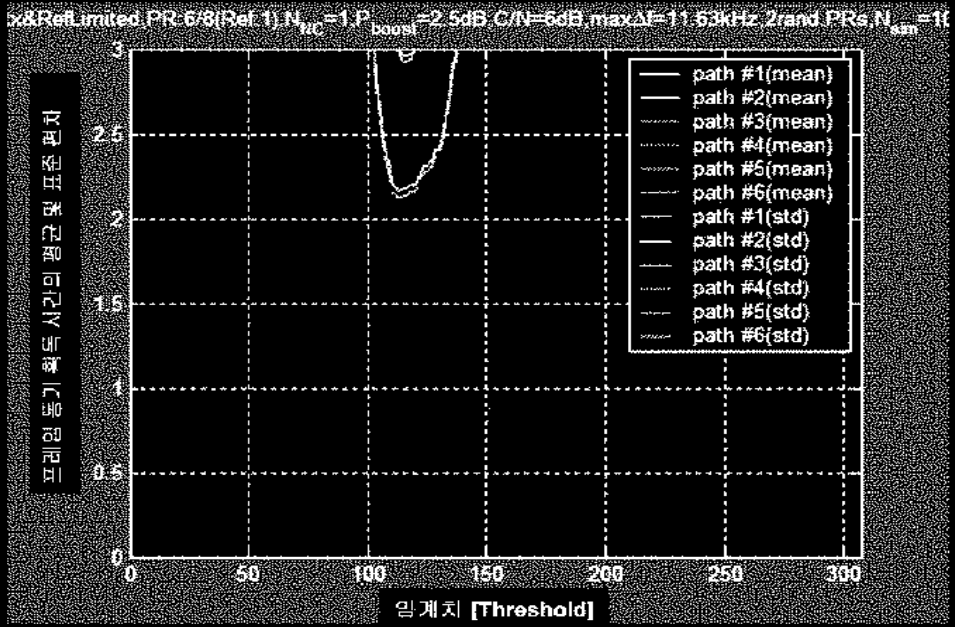
【도 6】



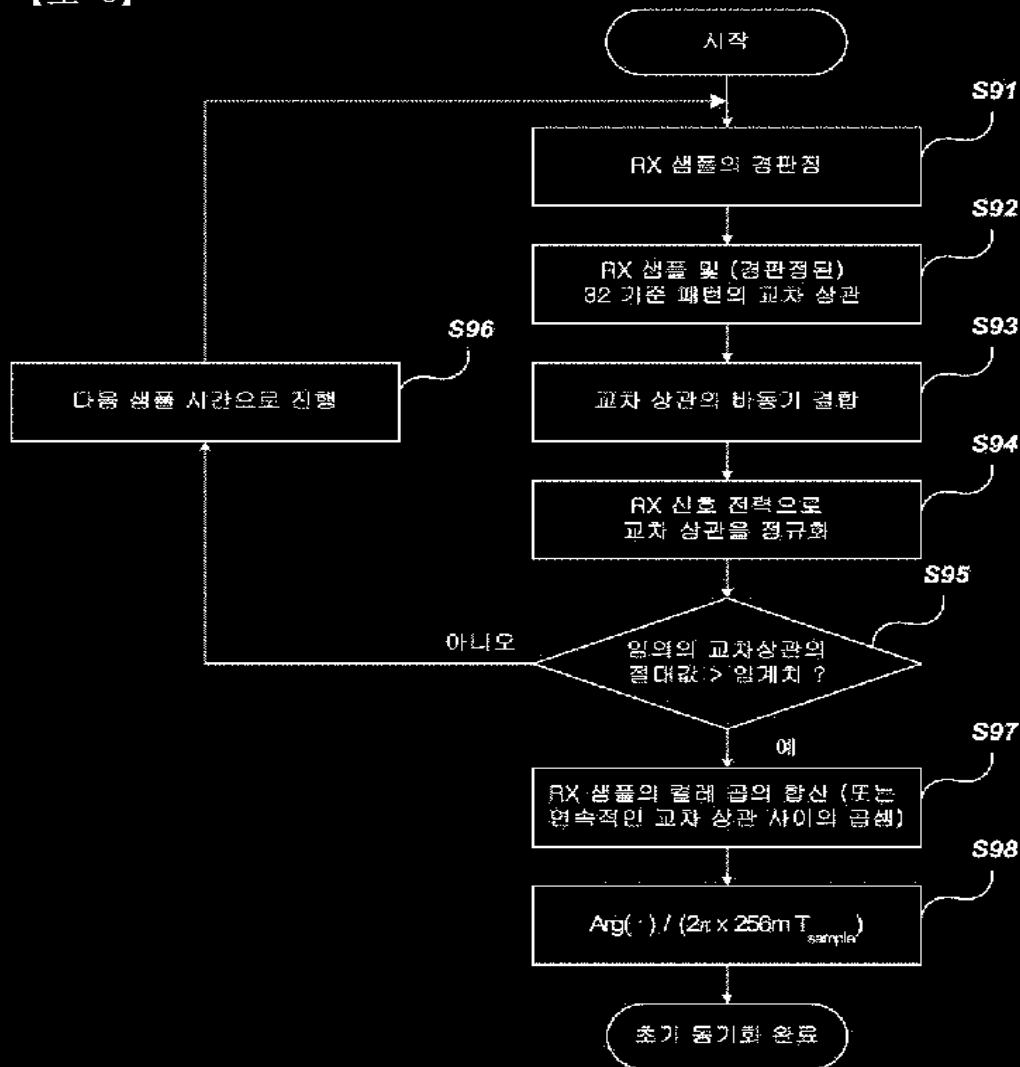
【도 7】



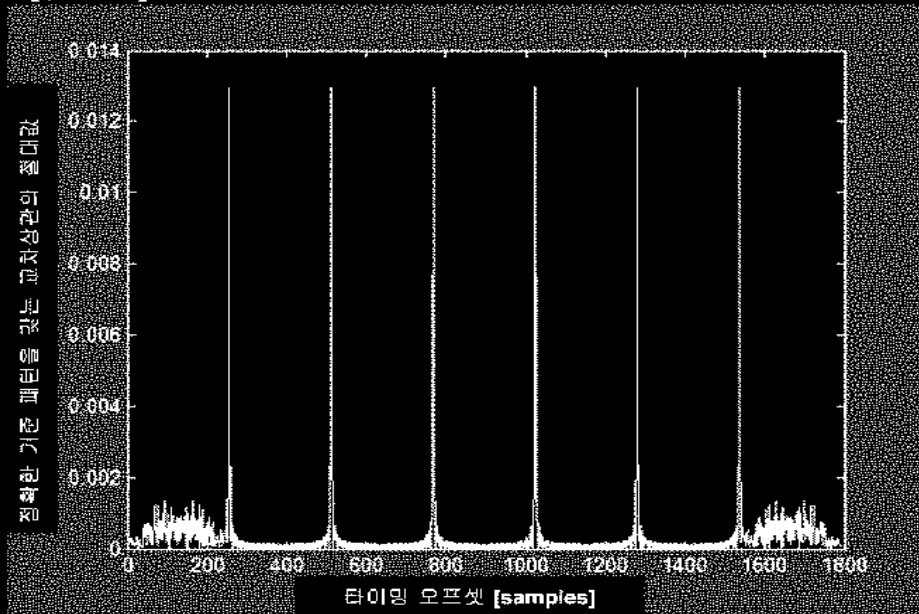
【도 8】



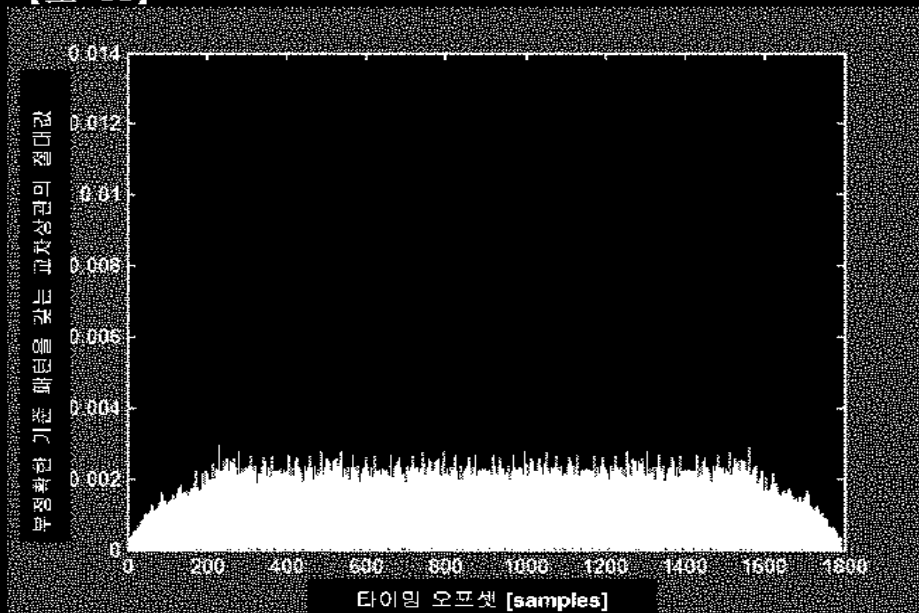
【도 9】



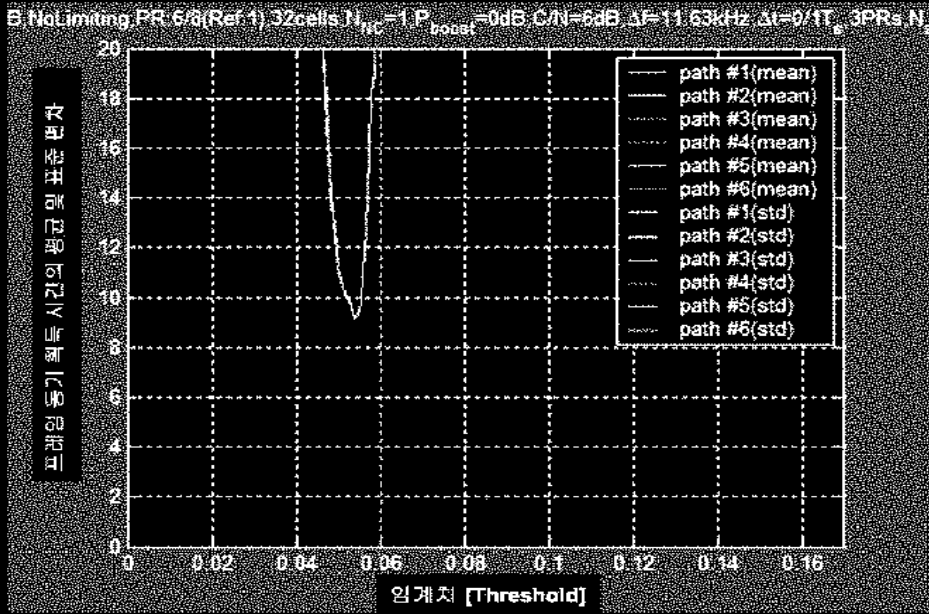
【도 10】



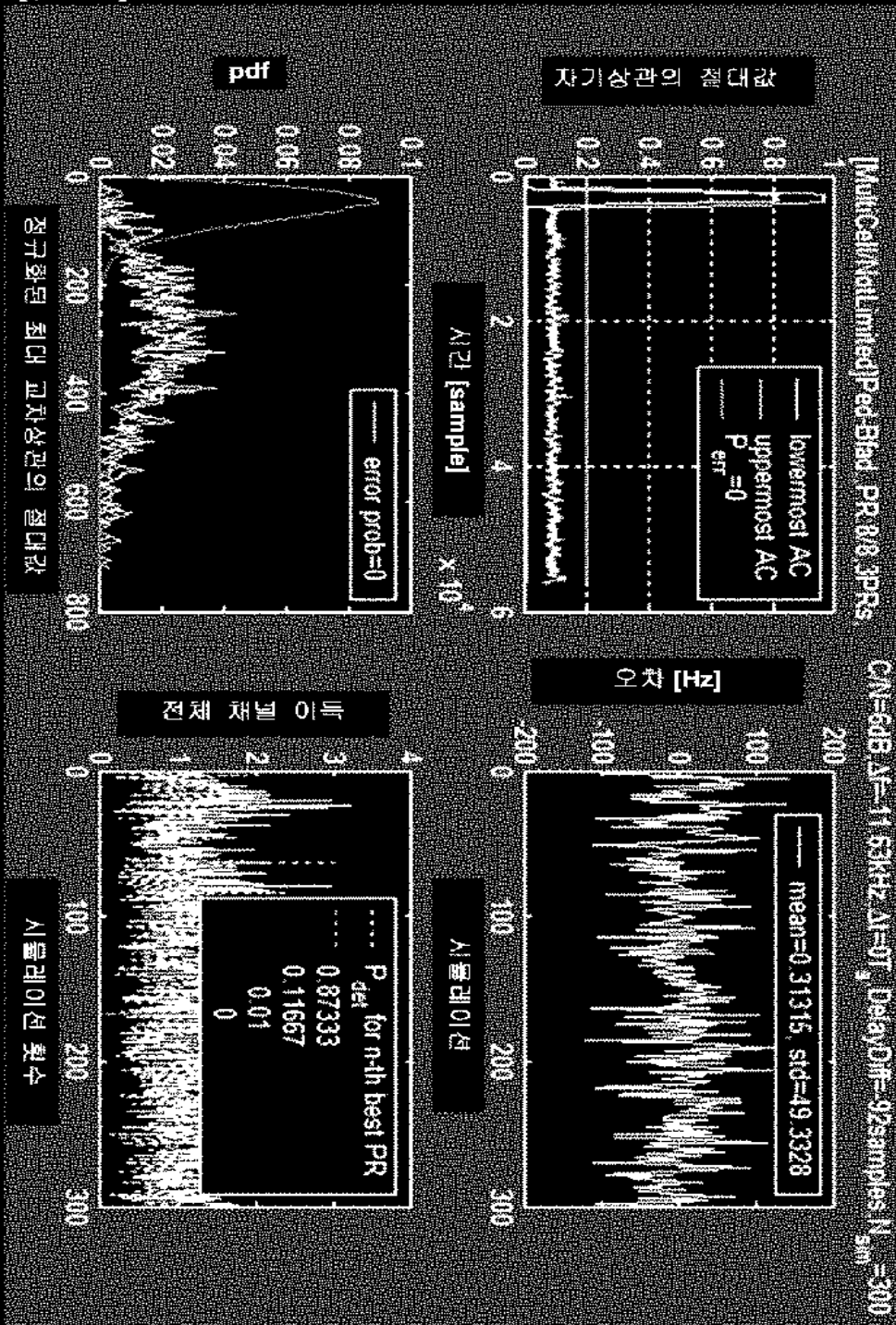
【도 11】



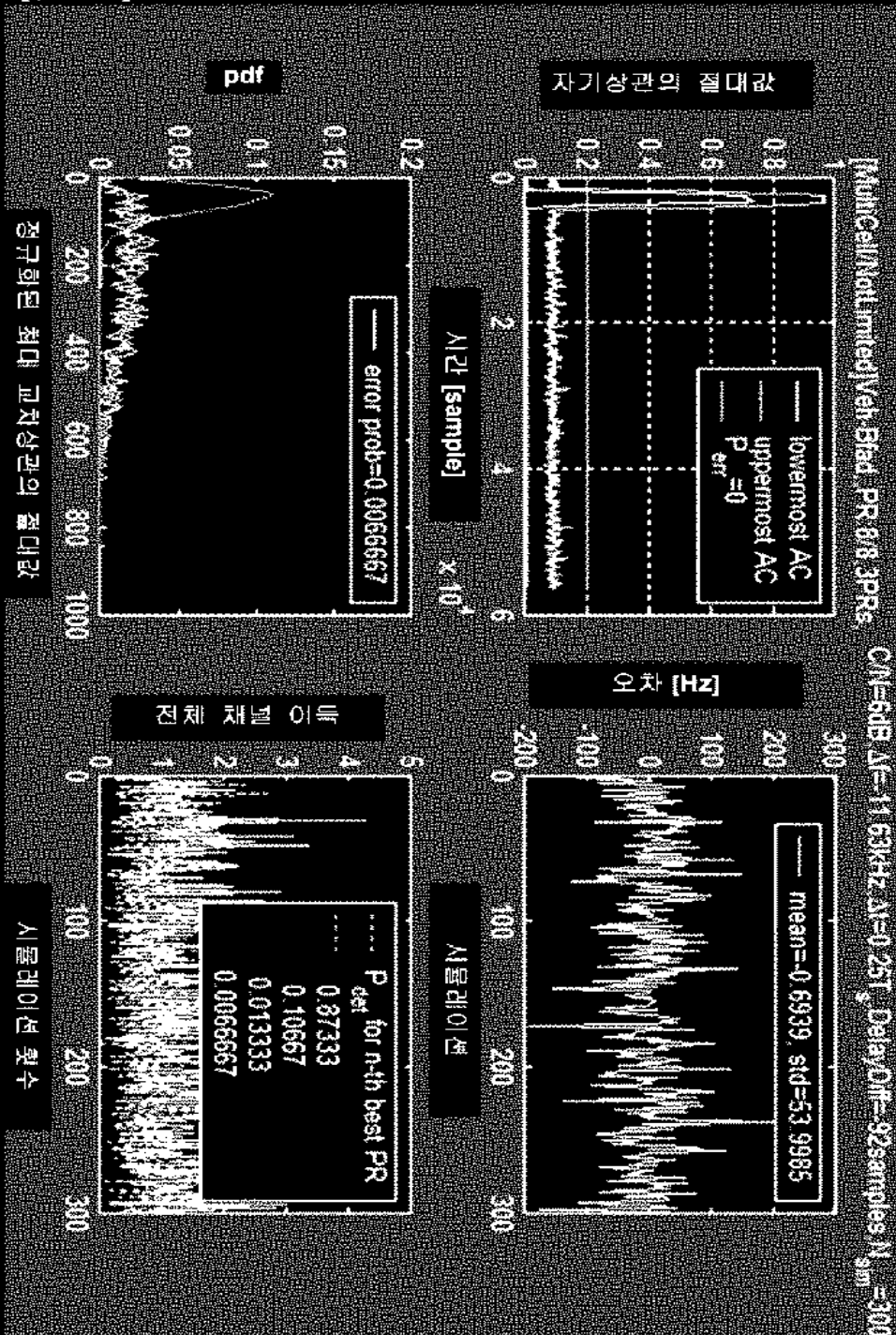
【도 12】



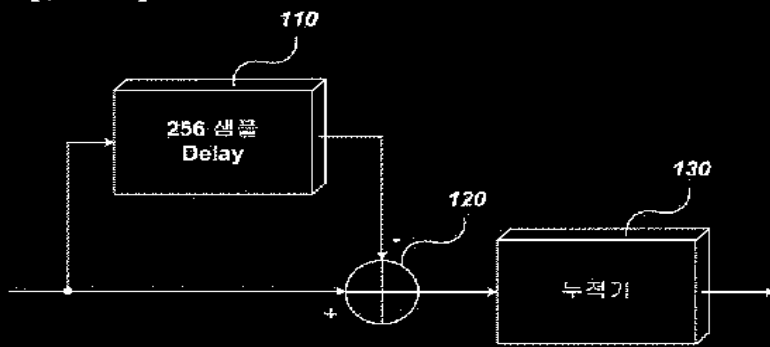
【도 13】



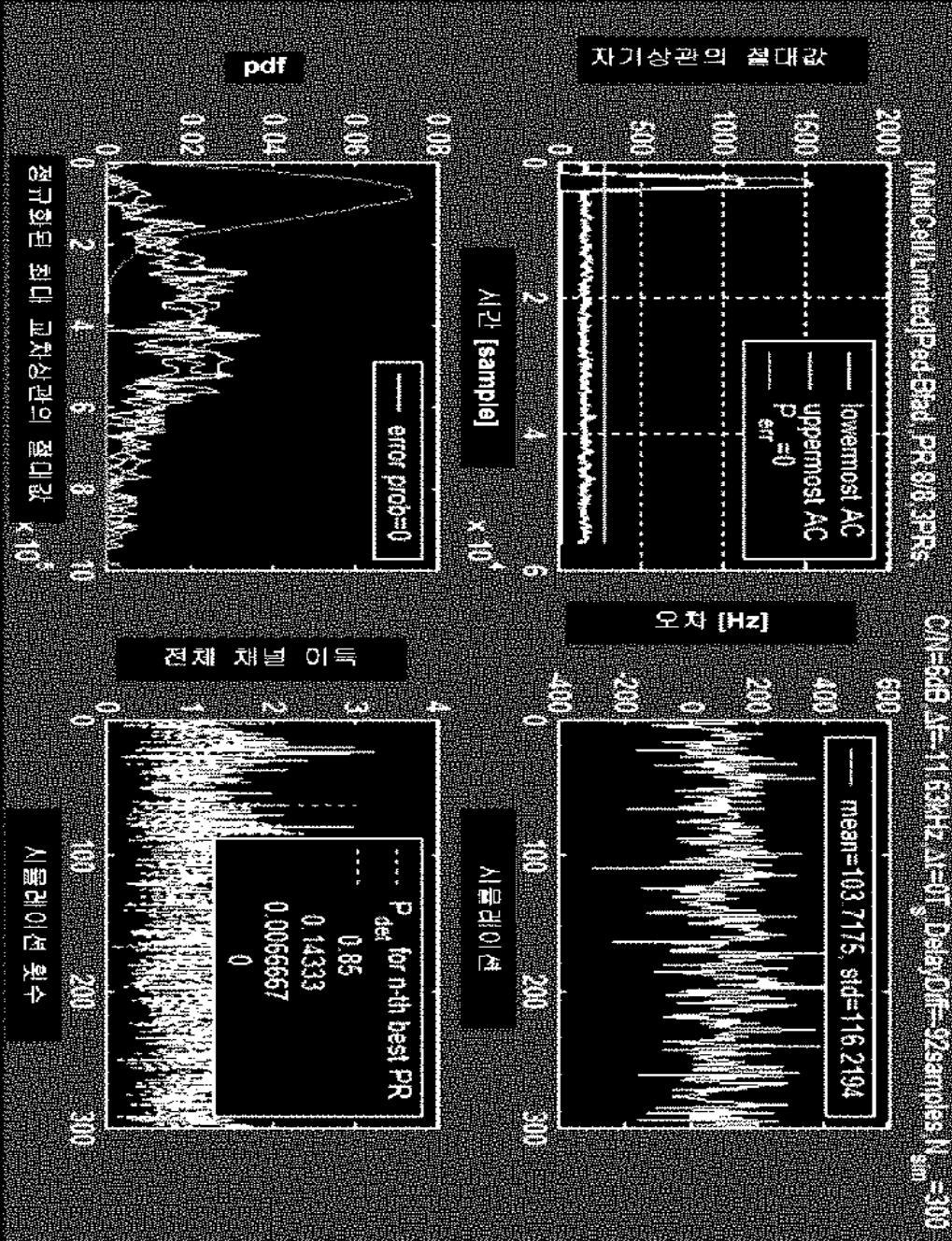
【도 14】



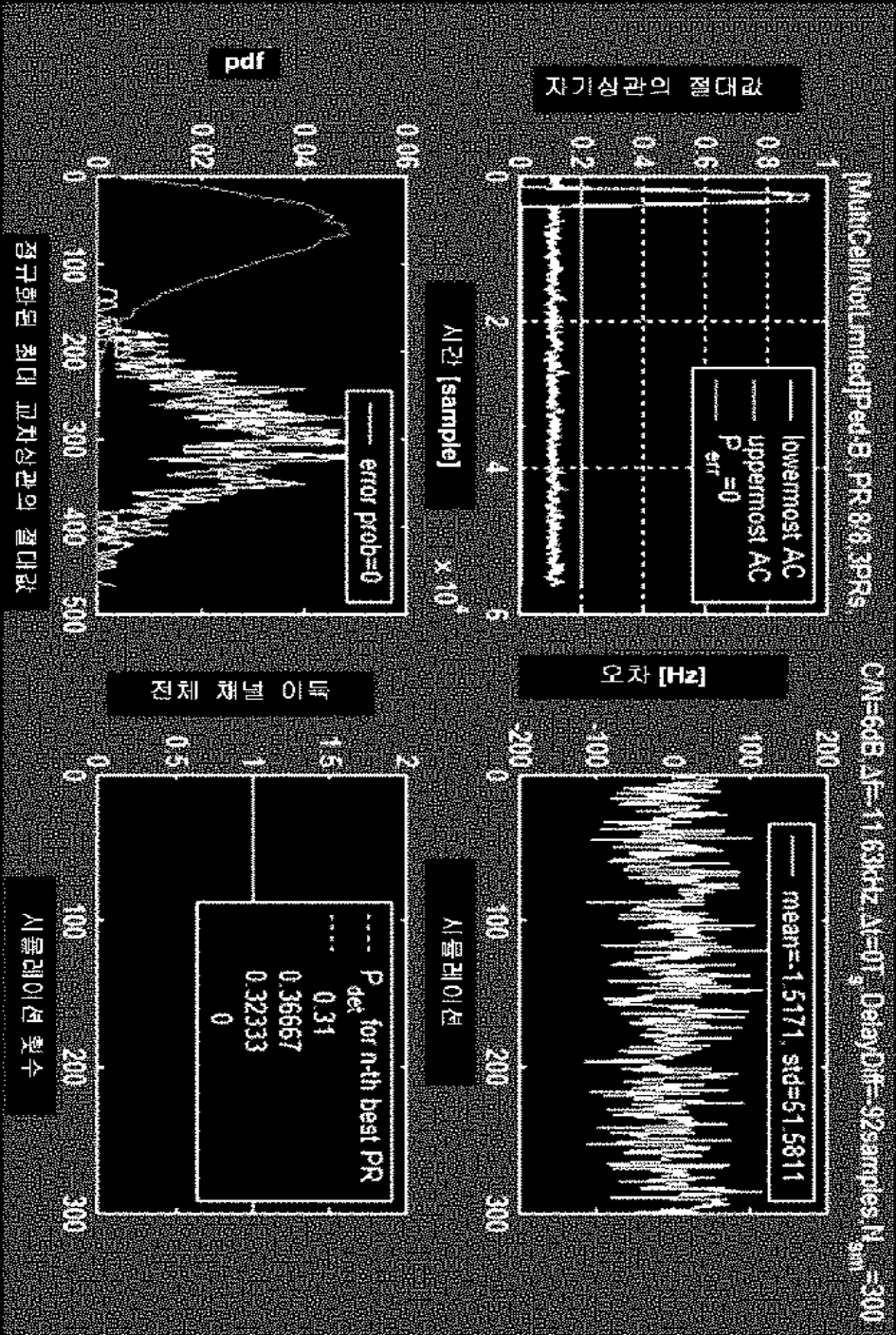
【도 15】



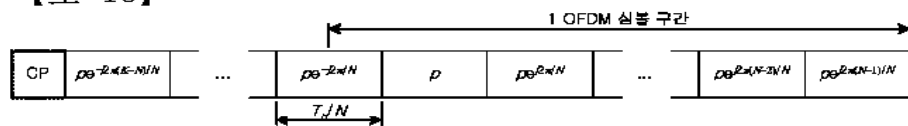
【도 16】



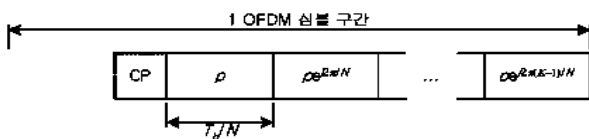
【도 17】



【도 18】



(a)



(b)